

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

ГОССТРОЙ СССР
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ
И СООРУЖЕНИЙ

Канд. техн. наук М. И. ПОВАЛЯЕВ

ПОКРЫТИЯ И КРОВЛИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

Москва — 1969

Научный редактор
инж. П. С. Суханов

В книге обобщен опыт проектирования и устройства покрытий и кровель, получивших широкое применение в отечественном и зарубежном строительстве промышленных зданий

Изложены основные требования, предъявляемые к тепло- и пароизоляции покрытий, приведены результаты исследования влажностного режима вентилируемого и неветилируемого типов покрытий с учетом их фактической работы в зданиях с нормальными и повышенными влажностными режимами эксплуатации.

Рекомендованы рациональные конструкции кровель из рулонных материалов, мастичных кровель, армированных стекломатериалами, и приведены прогрессивные способы их устройства.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, связанных с проектированием и строительством промышленных зданий, а также с технической их эксплуатацией.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I Ограждающие и негущие функции покрытий	5
1. Назначение покрытий и принятые определения	5
2. Несущие конструкции покрытий	9
Глава II. Тепло- и пароизоляция покрытий	17
1. Сопротивление теплопередаче покрытий	17
2. Причины увлажнения теплоизоляционных материалов	25
3. Нормы проектирования пароизоляции	33
4. Покрытия с вентилируемыми прослойками и каналами	40
5. Теплоустойчивость покрытий	63
6. Покрытия с кровлями, охлаждаемыми водой	68
7. Работы по устройству теплоизоляции	82
8. Работы по устройству пароизоляции	92
Глава III. Кровли	96
1. Подготовка основания под кровли	96
2. Рулонные материалы для устройства кровель	104
3. Повышение гнлостойкости рулонных материалов	109
4. Горячие кровельные мастики	115
5. Холодные кровельные мастики	123
6. Материалы для защитного слоя	125
7. Конструкция рулонных кровель	131
8. Наклейка рулонных материалов	133
9. Детали устройства рулонных кровель	139
10. Эксплуатационные качества рулонных кровель	152
11. Мастичные кровли, армированные стекломатериалами	159
Литература	171

Работы по устройству кровель промышленных зданий относятся к сравнительно старому ремеслу. Тем не менее до сих пор ощущается острый недостаток технической литературы, освещающей вопросы проектирования и строительства кровель с учетом комплексного изучения работы покрытий в условиях эксплуатации, хотя известно, что эксплуатационные качества кровель оказывают большое влияние на долговечность покрытий и способствуют созданию в производственных помещениях необходимых условий для работы.

Эта книга — результат исследований (проведенных специализированной лабораторией ЦНИИПромзданий), связанных с совершенствованием конструкций покрытий и кровель для массового промышленного строительства. Обобщен также отечественный и зарубежный опыт по этому вопросу.

Рекомендации, изложенные в книге, могут способствовать значительному повышению эксплуатационных качеств покрытий и кровель, а также снижению приведенных затрат на их устройство, содержание и ремонт, что при огромных объемах промышленного строительства в нашей стране приобретает большое значение.

Все отзывы и замечания по книге просьба направлять по адресу: Москва, И-238, Дмитровское шоссе, 60-б. ЦНИИПромзданий, отдел научных изданий.

ОГРАЖДАЮЩИЕ И НЕСУЩИЕ ФУНКЦИИ ПОКРЫТИЙ

1. НАЗНАЧЕНИЕ ПОКРЫТИЙ И ПРИНЯТЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В зданиях производственного назначения покрытия ограждают помещения сверху и имеют кровлю. Защищая помещения от воздействия внешних факторов, покрытия совместно с другими ограждающими конструкциями обеспечивают в зданиях заданные микроклиматические параметры.

В соответствии с функциональным назначением покрытия состоят из ограждающей и несущей частей.

Ограждающая часть покрытия воспринимает комплекс изменяющихся внутренних и внешних климатических воздействий и включает в свой состав отдельные слои (элементы), необходимые для надежной работы покрытий в условиях эксплуатации.

Элемент покрытия, защищающий помещения от проникания атмосферных осадков, называется кровлей. Кровли могут выполняться из рулонных, мастичных или из листовых материалов.

В отапливаемых зданиях покрытия делают утепленными с применением теплоизоляционных или конструктивно-теплоизоляционных материалов (см. рис. I.1, а — в).

Чтобы предупредить возможное переувлажнение теплоизоляционных материалов парообразной влагой, проникающей в покрытия из отапливаемых помещений, под утеплителем можно устраивать пароизоляцию. Для этой же цели, а также для снижения влажности теплоизоляционных материалов в покрытиях устраивают воздушные прослойки или каналы, сообщающиеся с наружным воздухом. Покрытия такого вида подразделяют на вентилируемые или на частично вентилируемые.

В покрытиях вентилируемого типа воздух, проходящий по прослойке, контактирует со всей или с большей частью поверхности теплоизоляционного материала; при этом создаются более благоприятные условия для снижения влажности в теплоизоляционных материалах по сравнению с частично вентилируемыми покрытиями, у которых каналы для движения воздуха расположены на некотором расстоянии друг от друга (более подробно это изложено во II главе).

В неотапливаемых зданиях широкое распространение получили неутепленные покрытия с несущими железобетонными плитами и рулонными кровлями (рис. I.1.2), а также кровли из листовых материалов [1, 2], укладываемых по прогонам (рис. I.1.3).

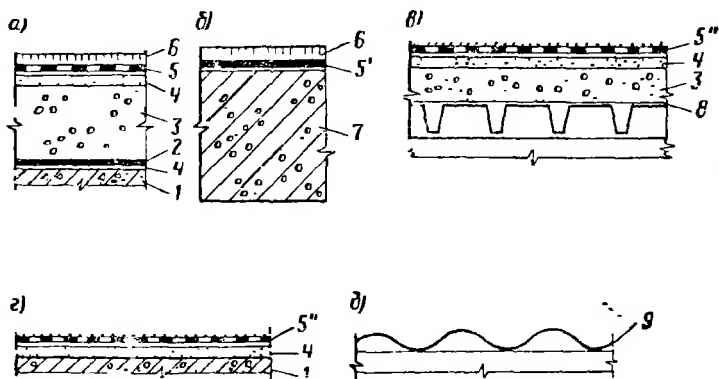


Рис. I.1. Конструкции ограждающей части покрытий

а — утепленные с несущими железобетонными плитами; б — то же, с плитами из конструктивно-теплоизоляционных материалов; б' — то же, с несущими стальными настилами; г — неутепленные с железобетонными плитами; д — то же, с кровлей из листовых материалов
 1 — несущая железобетонная плита; 2 — паронизация; 3 — теплоизоляция; 4 — выравнивающая стяжка или затирка (по плитам с ровными поверхностями не выполняется); 5 — водоизоляционный ковер рулонными; 5' — то же, частичной кровли, армированной стекломатериалами; 5'' — то же, с верхним слоем из рубероида с крупнозернистой (бронзирующей) посыпкой; 6 — защитный слой; 7 — несущая плита из легкого или ячеистого бетона; 8 — несущий стальной настил; 9 — волнистый лист из асбестоцемента, стали или сплавов алюминия

Несущие элементы ограждающей части покрытий (железобетонные плиты, стальные настилы и т. п.) воспринимают постоянные и временные нагрузки и передают их на основные несущие конструкции покрытий (фермы, балки и т. п.), которые являются верхней частью

каркаса зданий. В зависимости от условий передачи нагрузок от ограждающей части на несущие конструкции покрытий могут образовываться плоскостные или пространственные системы покрытий.

К плоскостным системам относятся покрытия, у которых все нагрузки от плит или от настилов передаются на балки, фермы, арки или на прогоны; в облегчении статической работы основных несущих конструкций плиты покрытий или настилы не участвуют. Если от плит или настилов нагрузка передается непосредственно на фермы, балки или на арки, то такую систему называют беспрогонной, а при передаче нагрузок на прогоны — прогонной.

В пространственных системах несущие элементы ограждающей части покрытия жестко соединены между собой (например, методом замоноличивания), благодаря чему осуществляется их совместная статическая работа, значительно облегчающая условия работы основных несущих конструкций покрытий. При этом может достигаться экономия материалов по сравнению с плоскостными системами конструкций. Следует отметить, однако, что работы по специальному замоноличиванию сборных конструктивных элементов несколько снижают степень индустриальности пространственных систем по сравнению с плоскостными и повышают трудоемкость монтажных работ.

В отечественном и зарубежном промышленном строительстве преимущество получили плоскостные системы покрытий (рис. 1.2). Конструкции этих систем являются универсальными, достаточно простыми в изготовлении, монтаже и вполне удовлетворяют эксплуатационным требованиям различных производств [3].

Наиболее типичной и распространенной плоскостной системой является рамная конструкция, состоящая из колонн, жестко заделанных в фундамент, и шарнирно соединенных с ними ферм, балок или арок, на которые укладываются и закрепляются несущие плиты покрытий.

Благодаря большим конструктивным возможностям разнообразие пространственных конструкций велико [4—6]. По форме и условиям работы пространственные системы могут иметь сборно-монолитные цилиндрические оболочки, складчатые своды, оболочки двоякой кривизны, складки и др.

Выбор рациональных форм и пролетов пространственных систем для устройства покрытий промышленных

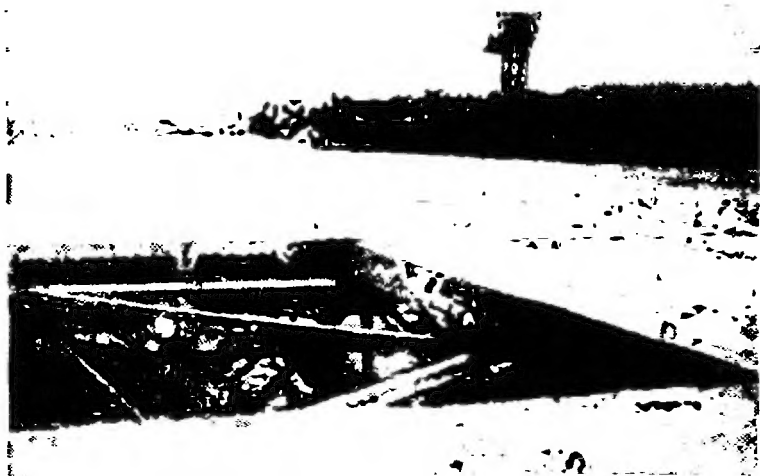


Рис. 1.2. Покрытие плоскостного типа во время монтажа несущих плит

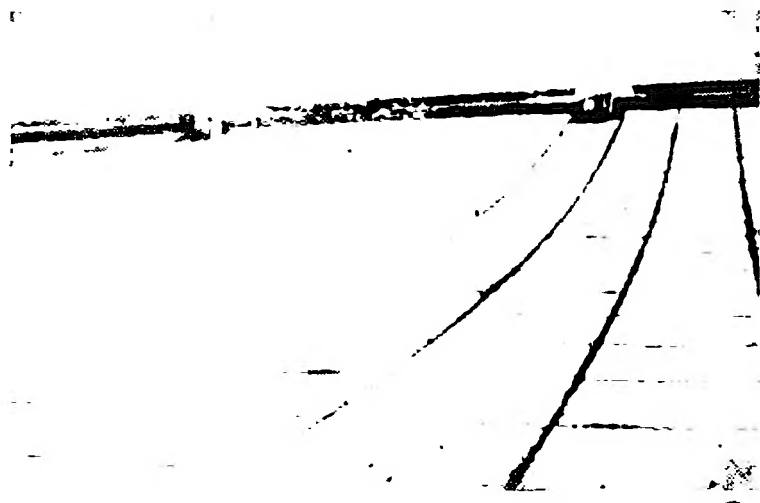


Рис. 1.3. Висячее покрытие перед замоноличиванием швов между плитами

зданий является предметом самостоятельных исследований и в этой работе не рассматривается.

Кроме этих оболочек, работающих преимущественно на сжатие, заманчивыми техническими возможностями обладают висячие оболочки [7]. Они применены (рис. 1.3) в покрытиях ряда производственных и общественных зданий Красноярска, Харькова и других городов.

В зарубежной строительной практике с применением висячих конструкций сделано много оригинальных покрытий зданий различного назначения, которые, по утверждению специалистов [6—8], заслуживают высокой оценки по своей экономичности.

К пространственным системам относятся также пневматические строительные конструкции (ПСК), получившие в последние годы применение в качестве ограждающих конструкций временных складских сооружений, укрытий отдельных технологических установок от атмосферных воздействий и ограждений для производства строительных работ.

ПСК выполняются из баллонных прорезиненных тканей или из армированных пластмассовых пленок; они легки, компактны в собранном виде и транспортабельны.

Сооружения с применением ПСК подразделяются: на воздухоопорные, где поддерживается избыточное давление от 0,002 до 0,02 *ати* при помощи вентиляторов или компрессоров, которое обеспечивает устойчивость оболочки;

на пневмокаркасные, жесткость которых обеспечивается цилиндрическими пневматическими арками, изготовленными из воздухонепроницаемой ткани;

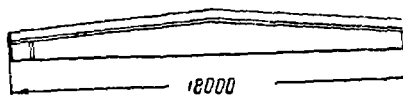
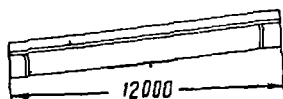
на смешанные, жесткость и устойчивость которых обеспечивается цилиндрическими арками и избыточным давлением под оболочкой.

В пневмокаркасных конструкциях не нужна герметизация примыканий оболочки, покрывающей каркас, и, несмотря на несколько большую сложность при изготовлении и монтаже, они являются более простыми в эксплуатации и менее уязвимыми для повреждений.

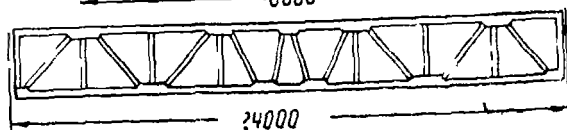
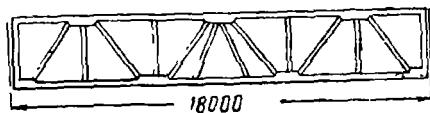
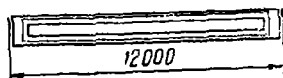
2. НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ

Из большого разнообразия конструктивных решений покрытий в массовом промышленном строительстве применяются в основном покрытия со сборны-

a)



б)



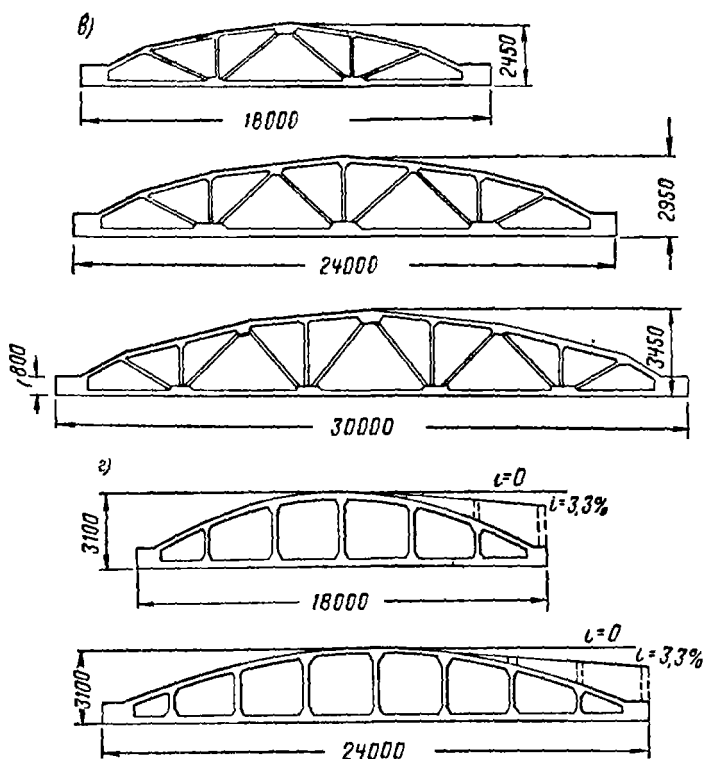


Рис. 1.4. Несущие железобетонные конструкции покрытий
 а — под скатную кровлю с уклоном $i=8 \text{ ‰}$ ($1/1,25$); б — под кровлю без уклона; в — то же, с переменным уклоном; г — то же, с требуемым уклоном (при изготовлении стоек необходимой высоты для опирания на них несущих плит покрытий)

ми железобетонными плитами, которые укладывают по железобетонным или по металлическим фермам.

Для перекрытия пролетов до 18 м могут применяться одно- и двускатные балки с верхним поясом под скатную (рис. 1.4, а) или под плоскую (рис. 1.4, б) кровлю, а также фермы с параллельными поясами; последние применяют и на пролет 24 м [9].

В строительстве последних лет относительно широкое применение получили сегментные фермы (рис. 1.4, в). Кровли в покрытиях с сегментными фермами требуют применения кровельных мастик с повышенной тепло-

стойкостью; такие мастики хрупки, и это приводит к снижению надежности кровель и повышению эксплуатационных расходов на их содержание.

Для повышения эксплуатационных качеств кровель представляют интерес конструкции покрытий под более пологие кровли, при которых создаются благоприятные условия по организованному отводу воды с кровель и по применению легкоплавких кровельных мастик в сочетании с защитным слоем, предохраняющим водоизоляционный ковер от механических повреждений и атмосферных воздействий. Так, при изготовлении безраскосных ферм с верхним поясом арочного очертания (рис. 1.4,г) в узлах верхнего пояса могут устраиваться стойки различной высоты для получения рационального уклона кровель, который по данным ЦНИИПромзданий составляет $1/30$.

Кроме железобетонных балок и ферм несущие конструкции покрытий часто выполняются из двускатных стальных ферм с уклоном верхнего пояса $1/8$ (рис. 1.5,а),

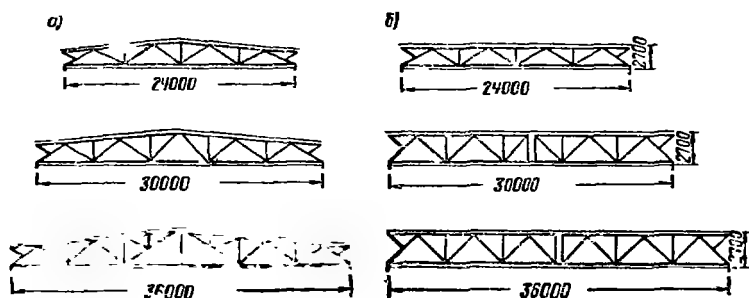


Рис. 1.5. Несущие стальные конструкции покрытий
а — под кровлю с уклоном $i=12,50/0$ ($1/8$); б — то же, $i=1,50/0$

которые могут иметь фонарную надстройку, и ферм с параллельными поясами (рис. 1.5,б). Применение металлических стропильных ферм связано с повышенным расходом стали; поэтому, несмотря на меньшую стоимость и трудоемкость устройства, их применение на пролет 24 м и менее не считается рациональным.

По балкам и фермам укладывают и закрепляют сваркой большеразмерные железобетонные плиты покрытий.

Применение сборного железобетона в промышленном строительстве относится к началу 30-х годов, т. е. к периоду значительного роста темпов индустриализации строительства. Для покрытий применялись вначале железобетонные или армопенобетонные плиты размерами $3 \times 0,5$ и $2 \times 0,5$ м, которые укладывались на прогоны. Такие покрытия обладали определенными преимуществами по сравнению с монолитными железобетонными покрытиями; однако работы по устройству покрытий с применением мелкогабаритных плит оставались довольно трудоемкими.

В начале 50-х годов были разработаны железобетонные плиты покрытий размером $6 \times 1,5$ м. Применение таких плит уже осуществлялось по беспрогонной схеме. В начале 60-х годов были разработаны более экономичные по стоимости и расходу материалов плиты покрытий размером 6×3 м (рис. 1.6, а), а плиты размером $6 \times 1,5$ м оставлены теперь как доборные.

Переход от прогонной схемы устройства покрытий к беспрогонной резко сократил число монтируемых элементов, сроки монтажа и снизил трудоемкость монтажных работ.

Дальнейшее совершенствование конструкций покрытий было связано с увеличением размеров несущих плит с целью их применения при шаге ферм 12 м без установки подстропильных ферм. В 1958—1959 гг. на ряде предприятий нашей страны был освоен выпуск железобетонных плит размером $12 \times 1,5$ м, а затем и плит размером 12×3 м (рис. 1.6, б).

Широкому применению ребристых железобетонных плит в покрытиях производственных зданий способствовала их универсальность. Они относительно просты в изготовлении и монтаже. Такие плиты могут изготавливаться под различную нагрузку без изменения внешних размеров. В полках плит между продольными и поперечными ребрами можно устраивать отверстия для пропуска инженерного оборудования. Плиты с небетонируемыми полками могут быть использованы для участков покрытий с легкобрасываемыми кровлями и для устройства световых проемов.

Из других типов железобетонных плит, получивших применение в промышленном строительстве, следует отметить плиты типа «двойное Т» размером 12×3 м (рис. 1.6, в) и сводчатые плиты марки КЖС размерами $6 \times 1,5$, $9 \times 1,5$ и $12 \times 1,5$ м (рис. 1.6, г).

В последние годы наметилась тенденция дальнейшего увеличения размеров железобетонных элементов покрытий. В экспериментальном строительстве начали применяться покрытия с железобетонными блоками-настилами и настилами-воздуховодами [10] для пролетов 18 и 24 м (рис. I.6, д).

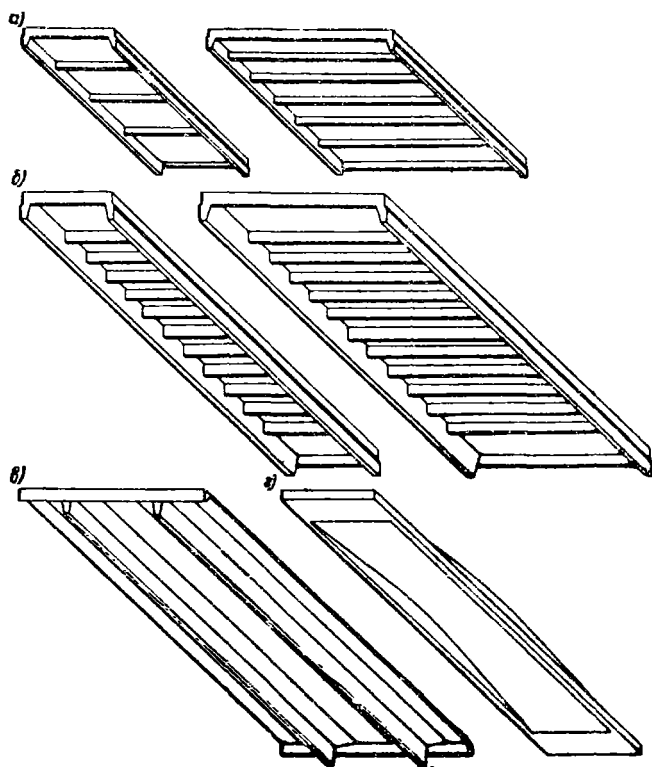


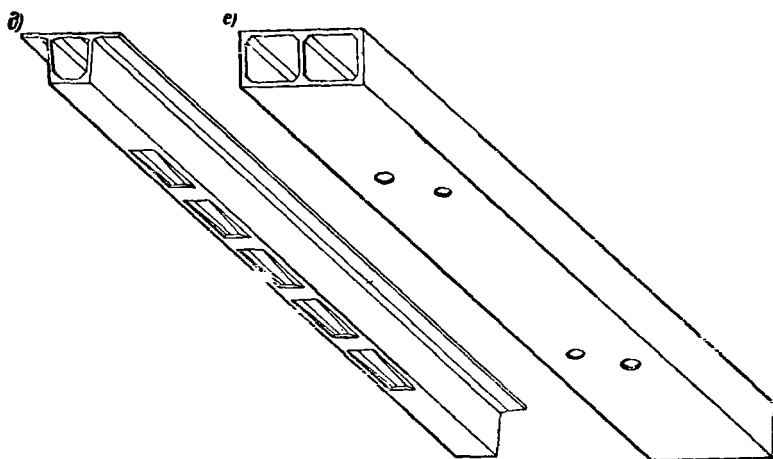
Рис. I.6. Сборные железобетонные плиты и
 а — ребристые длиной 6 м; б — то же длиной 12 м; в — плиты «двой-
 д» — настилы — воздуховоды на пролет до 24 м; е — настилы-воздуховоды

Разработки, связанные с применением большеразмерных железобетонных настилов, выполняющих функции воздуховодов и несущей части покрытия, весьма перспективны, так как такие настилы дают возможность получать относительно простые и экономичные конструкции покрытий.

В зарубежной практике строительства текстильных и других предприятий с развитой системой воздуховодов при устройстве покрытий находят применение [11] настилы-воздуховоды коробчатого сечения под фирменным названием «Динакор» (рис. 1.6, е).

Кроме железобетонных плит и настилов, являющихся несущей основой для укладки теплоизоляционных материалов, для покрытий применяются также плиты марок КАП и ГКП размером $6 \times 1,5$ м, из ячеистых бетонов $\gamma = 700 \div 1000 \text{ кг/м}^3$, которые выполняют функцию конструктивно-теплоизоляционных материалов (рис. 1.7). В плитах марки КАП ребра выполняются из тяжелого бетона.

Из ячеистых бетонов автоклавного твердения в качестве типовых приняты плиты марки ГКП по серии ПК-01-92 размерами $6 \times 1,5$ (основная) и $6 \times 0,6$ м (добрная).



настилы для устройства покрытий

ное Т» размером 12×3 м; е — плиты марки КЖС размером $12 \times 1,5$ м; типа «Динакор» на пролет до 24 м

ЦНИИПромзданий совместно с НИИЖБ разработаны комплексные плиты покрытий (рис. 1.7, в) с паро-тепло- и гидроизоляцией, выполняемыми в заводских условиях. При применении таких плит удобно осуществлять заполнение и пароизоляцию швов. Для теплоизоляции швов рекомендованы крупнозернистые теплоизоляцион-

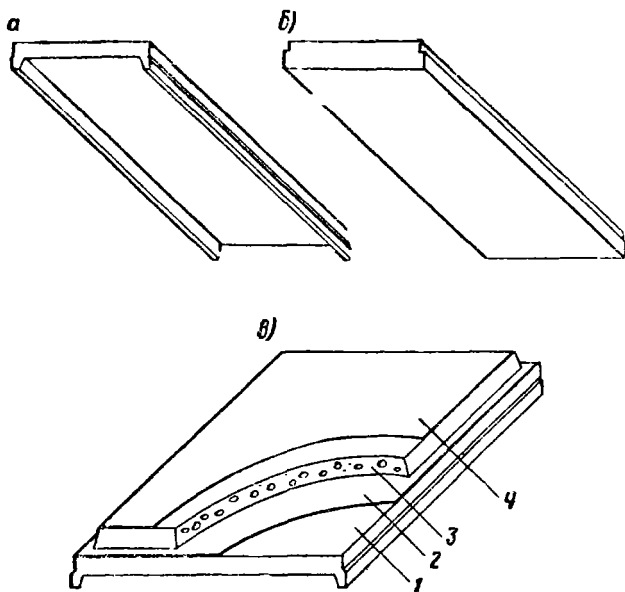


Рис. 1.7. Сборные плиты покрытий с применением легких бетонов

а — типа КАП размером $6 \times 1,5$ м с ребрами из тяжелого бетона; *б* — типа ГКП размером $6 \times 1,5$ м; *в* — с использованием типовых железобетонных или легковесных плит; 1 — железобетонная плита; 2 — пароизоляция; 3 — теплоизоляция; 4 — нижний слой гидроизоляции

иye засыпки. Сообщаясь с наружным воздухом у примыканий к карнизам и выступающим конструкциям через специальные щелевые элементы, такие швы образуют диффузионную систему, которая может способствовать улучшению влажностного режима покрытий.

В качестве несущей основы в комплексных плитах покрытий могут применяться легковесные ребристые плиты.

ТЕПЛО- И ПАРОИЗОЛЯЦИЯ ПОКРЫТИЙ

1. СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ПОКРЫТИЙ

Переход тепла через ограждение возможен только при разности температур на его поверхностях. В процессе теплоперехода через покрытие возникают термические сопротивления: тепловосприятости у внутренней поверхности покрытия $R_{\text{в}}$, теплопроницаемости через слои материалов покрытия $\sum R_i$ и теплоотдаче от поверхности покрытия $R_{\text{н}}$. Они в сумме определяют сопротивление теплопередаче ограждающей части покрытий

$$R_0 = R_{\text{в}} + \sum R_i + R_{\text{н}} \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град} / \text{ккал}. \quad (\text{II.1})$$

При проектировании покрытий необходимо иметь в виду, что сопротивление теплопередаче R_0 не должно быть меньше требуемого $R_0^{\text{тр}}$, определяемого в зависимости от разности температур между воздухом внутри помещения $t_{\text{в}}$ и расчетной зимней температурой наружного воздуха $t_{\text{н}}$, а также с учетом величин сопротивления тепловосприятости $R_{\text{в}}$ и нормируемого перепада температур $\Delta t^{\text{н}}$ между воздухом в помещении и внутренней поверхностью покрытия $t_{\text{в}}$.

Таким образом, при проектировании покрытий без вентилируемых прослоек должно выполняться условие

$$R_0 \geq R_0^{\text{тр}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{\Delta t^{\text{н}}} R_{\text{в}}. \quad (\text{II.2})$$

Расчетные температуры $t_{\text{в}}$ определяются из условий комфортности и обеспечения технологических требований производства. Зимой в большинстве отапливаемых промышленных зданий температура в рабочей зоне поддерживается в пределах 16—20°C. Причем температура

воздуха под покрытием на 2—3° выше, чем в рабочей зоне.

Расчетные температуры наружного воздуха принимаются с учетом показателя тепловой инерции ограждающей части покрытия D , который является безразмерной величиной и характеризует степень массивности ограждения. Эта степень зависит от суммы произведений термических сопротивлений R каждого слоя ограждающей части на коэффициент теплоусвоения s материалов, которые применяются для их устройства:

$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + \dots + R_n s_n. \quad (II.3)$$

Величина коэффициентов теплоусвоения материалов зависит от периода работы системы отопления z в ч и физических свойств материала (теплопроводности λ в ккал/м·ч·град, удельной теплоемкости c в ккал/кг·град, объемного веса γ в кг/м³) и принимается по таблице норм строительной теплотехники [12] или определяется по формуле (II.4). При периоде $z=24$ ч

$$s = 0,51 \sqrt{\lambda c \gamma} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}. \quad (II.4)$$

В тех случаях когда $D > 7$, ограждение считается массивным, при определении R_0^{TP} значения t_n принимают равными средней температуре наиболее холодной пятидневки. При $D \leq 4$ ограждение считается легким, и для определения R_0^{TP} принимается средняя температура наиболее холодных суток. В покрытиях средней массивности с $4 < D \leq 7$ при определении R_0^{TP} подсчитывают среднее значение температуры наружного воздуха, принимаемое по нормам строительной климатологии [13] для расчета массивных и легких покрытий. Таким образом, во всех этих расчетах условно принимается стационарное воздействие на ограждения расчетных температур в течение пяти, трех и одних суток.

Входящая в формулу (1.2) величина сопротивления тепловосприятию является обратной величиной коэффициента тепловосприятия $\sigma_{\text{в}} = 1/R_{\text{в}}$ и зависит от условий теплообмена у поверхности покрытия. Эти условия определяются суммарной величиной коэффициентов передачи тепла излучением $\alpha_{\text{л}}$ и конвекцией $\alpha_{\text{к}}$.

$$\sigma_{\text{в}} = \alpha_{\text{л}} + \alpha_{\text{к}} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}. \quad (II.5)$$

Тепловое излучение происходит в результате распространения электромагнитных волн от более нагретых тел и поверхностей к менее нагретым. Коэффициент передачи тепла излучением определяется по формуле

$$\alpha_{\lambda} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}} \cdot \frac{\left[\frac{t_1 + 273}{100} \right]^4 - \left[\frac{t_2 + 273}{100} \right]^4}{t_1 - t_2}, \quad (\text{II.6})$$

где C_1 и C_2 — коэффициенты излучения поверхностей;
 $C_0 = 4,96$ — коэффициент излучения абсолютно черного тела;

t_1 — температура поверхностей, отдающих тепло;

t_2 — температура поверхности покрытия.

Передача тепла конвекцией происходит в результате перемещения макрочастиц воздуха с одной температурой к поверхности ограждения, имеющего другую температуру. Практическое познание процесса теплоотдачи конвекцией сводится к определению зависимости α_k от направления и скорости движения воздуха, вида поверхности ограждения, величин температурного перепада между воздухом и поверхностью ограждения. В связи с этим характер передачи тепла конвекцией у внутренней и наружной поверхностей покрытий является различным.

Для внутренних поверхностей ограждений при естественной конвекции, вызываемой разностью температур Δt между воздухом и поверхностью, величина α_k определяется по формулам, предложенным Нуссельтом и Юргесом [14]. Для температурной разности $\Delta t \leq 5^\circ$

$$\alpha_k = 3 + 0,08 \Delta t; \quad (\text{II.7})$$

для большей температурной разности

$$\alpha_k = 2,75 \sqrt[4]{\Delta t}. \quad (\text{II.8})$$

Для наружных поверхностей ограждения α_k определяется по упрощенной формуле Франка:

$$\alpha_k = 6,31 v^{0,656} + 3,25 e^{-1,91}, \quad (\text{II.9})$$

где v — скорость ветра в м/сек;

e — основание натуральных логарифмов.

В зависимости от степени ребристости внутренней поверхности ограждений, определяемой отношением высоты ребер h к расстоянию между их гранями a , нормами строительной теплотехники для практического пользования рекомендуются следующие значения α_n и R_n :

$$\alpha_n = 7,5 \text{ и } R_n = 0,133 \text{ при } h/a \leq 0,2$$

$$\alpha_n = 7 \text{ и } R_n = 0,143 \text{ » } h/a = 0,2 \div 0,3$$

$$\alpha_n = 6,5 \text{ и } R_n = 0,154 \text{ » } h/a > 0,3$$

Для помещений с избыточными тепловыделениями от оборудования величины α_n и R_n должны уточняться по формулам (II.5) и (II.8).

У поверхности покрытия, соприкасающейся с наружным воздухом, коэффициент теплоотдачи α_n и величину сопротивления теплоотдачи R_n рекомендуется принимать равными соответственно 20 и 0,05, а для поверхностей, выходящих на чердак, $\alpha_n = 7$ и $R_n = 0,143$.

Величина нормируемого температурного перепада Δt^n между внутренним воздухом и поверхностью покрытия, определяющая комфортные условия в помещениях, назначается из условия, чтобы на внутренней поверхности покрытий обеспечивалось отсутствие конденсата, а также чтобы температура внутренних ограждающих поверхностей не вызывала излишнего охлаждения тела человека. В помещениях с влажным режимом (душевые, коженные цехи и др.) допускается появление конденсата на внутренней поверхности покрытия. В связи с этим при расчетах R_n^{TP} покрытий рекомендуется [12], чтобы значения Δt^n не превышали:

5,5° — в административных и вспомогательных помещениях;

7° — в отапливаемых производственных помещениях с относительной влажностью $\varphi = 50 \div 60\%$;

8° — для тех же помещений, но с $\varphi < 50\%$;

12° — в помещениях с избыточными тепловыделениями и $\varphi > 45\%$;

$t_n - \tau_p$ — в помещениях с $\varphi > 60\%$, в которых допускается конденсация влаги на внутренних поверхностях стен;

$t_n - \tau_n - 1^\circ$ — для тех же помещений, в которых не допускается конденсация влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций.

Необходимо отметить, что в последнем случае для помещений с $\varphi \geq 94\%$ при подсчете $\Delta t''$ получаются отрицательные значения, которые не имеют физического смысла. Более правильно для помещений с повышенной влажностью, в которых не допускается конденсация влаги на внутренней поверхности покрытия, при подсчете R_0^{TP} принимать значения

$$\Delta t'' = (t_n - t_v) (0,8 \div 0,75).$$

Требуемую толщину теплоизоляции в покрытии δ_T^{TP} определяют из условия, чтобы термическое сопротивление всех слоев покрытия с учетом термического сопротивления теплоизоляционного слоя R_T было не меньше требуемого по расчету. Поскольку некоторые теплоизоляционные материалы могут уплотняться, что приводит к снижению их коэффициентов теплопроводности λ , в формулу (10) по определению толщины теплоизоляционного слоя

$$\delta_T^{TP} \geq R_T \lambda b \text{ м} \quad (\text{II.10})$$

вводится коэффициент качества теплоизоляции b , который принимают равным:

а) 1,2 — для минераловатных плит и им подобных материалов, независимо от их объемного веса; б) 1,1 — для материалов с $\gamma < 400 \text{ кг/м}^3$ (за исключением материалов, указанных в п. «а»); в) 1 — для всех прочих материалов.

Из формулы (II.10) видно, что толщина теплоизоляции находится в прямой зависимости от коэффициентов теплопроводности применяемых материалов. За последние годы рядом научных исследований установлено значительное увеличение теплопроводности теплоизоляционных материалов с повышением их влажности.

Определение теплофизических характеристик влажных теплоизоляционных материалов получило значительное развитие в связи с разработкой методов нестационарного теплового потока, основанных на кратковременном (импульсном) действии тепловой волны от линейного или от плоского источника [15—17]. Благодаря использованию этих методов перераспределения влаги в теплоизоляционных материалах не происходит и обеспечивается высокая достоверность данных по определению коэффициентов переноса тепла.

Экспериментальные значения коэффициентов теплопроводности газобетонов, находящихся в состоянии ра-

новесной влажности с воздухом, имеющих относительную влажность 60, 80 и 95%, которые определялись импульсным методом с линейным источником тепла, представлены на рис. II.1.

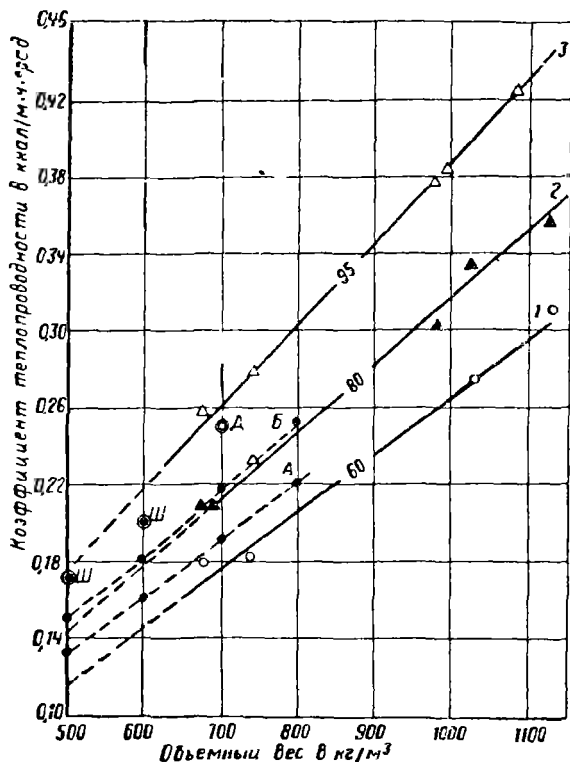


Рис. II.1 Коэффициенты теплопроводности газобетонов

1 — при равновесной влажности с воздухом при $\phi=60\%$; 2 — то же, при $\phi=80\%$; 3 — то же, при $\phi=95\%$; А — по нормам строительной теплотехники для группы А; Б — то же, для группы Б; III — по данным шведских норм; Д — то же, датских норм

Анализируя зависимость коэффициентов теплопроводности газобетона от влажности окружающего воздуха, нетрудно установить, что темп прироста λ при изменении относительной влажности с 60 до 80% значительно меньше, чем при изменении влажности с 80 до 95%.

В этой связи представляет практический интерес сравнение полученных коэффициентов теплопроводности с рекомендуемыми нормами строительной теплотехники для расчетов ограждающих конструкций с применением ячеистых бетонов.

По нормам в зависимости от условий эксплуатации, определяемых влажностными режимами помещений, и от строительно-климатических зон [12], предусматриваются два значения λ : при условиях эксплуатации *A* и *B* (см. рис. II.1).

Из сравнения можно установить, что значения λ для условий эксплуатации *A* близки к значениям λ газобетона при равновесной влажности с наружным воздухом, имеющим относительную влажность в пределах 65—70%. Для условий эксплуатации *B* значения λ почти совпадают с полученными λ у газобетона при равновесной влажности с наружным воздухом, имеющим относительную влажность 80%.

В связи с определением зависимости значений λ газобетонов от их равновесного состояния с влажностью окружающего их воздуха представляет интерес вопрос: каким влажностям наружного воздуха соответствуют рекомендуемые для практического применения λ у шведского газобетона «сипорекс» и датского газобетона [18]. В этих странах газобетоны широко применяются при устройстве совмещенных покрытий жилых и производственных зданий и накоплен значительный опыт по строительству и эксплуатации зданий с ограждающими конструкциями с применением газобетона.

Сравнивая рекомендуемые к практическому применению λ шведских газобетонов с данными наших определений, обнаруживаем, что шведские λ , а также датские с $\gamma=700 \text{ кг/м}^3$ соответствуют показателям газобетонов, находящихся в состоянии равновесной влажности с воздухом, относительной влажностью соответственно 90—92 и 92—93%.

Проведенные сопоставления показывают, что расчетные значения λ у зарубежных газобетонов превышают рекомендуемые нашими нормами. В условиях эксплуатации в конструкциях покрытий может быть относительно высокая влажность воздуха; она способна значительно повышать теплопроводность теплоизоляционных материалов по сравнению с нормативными значениями и ухудшать теплозащитные качества покрытий. В этой

связи представляется целесообразной постановка исследований по определению равновесных влажностей в материалах покрытий для назначения λ в зависимости от условий эксплуатации ограждающих конструкций в строительно-климатических зонах с разной влажностью наружного воздуха. При этом могут быть улучшены теплозащитные качества конструкций и снижены потери через них тепла, которые определяются по формуле

$$Q = \frac{1}{R_0^{\Phi}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч.} \quad (\text{II.11})$$

Из формулы (II.11) видно, что для определения фактического термического сопротивления R_0^{Φ} покрытия необходимо знать величину теплового потока через покрытие (теплопотери) при определенных значениях температур внутреннего $t_{\text{в}}$ и наружного $t_{\text{н}}$ воздуха. Теплопотери через ограждающие конструкции характеризуют их теплозащитные качества в условиях эксплуатации. Они определяются тепломерами, принцип действия которых основан на измерении э. д. с. в дифференциальных спаях гипертермопар, заделанных в поверхностные слои пластинки из резины или из пластмассы, снабженной охранным кольцом. Изменение тепловых потоков через пластину, прикрепляемую к поверхности исследуемой конструкции, вызывает изменение э. д. с., показания которой записываются на ленту автоматического потенциометра ЭПП-09 и расшифровываются по тарифовочной формуле.

Температуру измеряют при помощи хромель-копелевых или медь-константановых термопар по изменению в них э. д. с., которая воспринимается автоматическим потенциометром и записывается на ленту в виде фактических значений температур.

Значения теплового потока и температур используют для подсчета фактического сопротивления теплопередаче

$$R_0^{\Phi} = \frac{\tau_{\text{в}} - \tau_{\text{н}}}{Q} - (R' + R'') \frac{\tau_{\text{в}} - \tau_{\text{н}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}, \quad (\text{II.12})$$

где $\tau_{\text{в}}$ и $\tau_{\text{н}}$ — температуры на внутренней и наружной поверхностях ограждения;

R' и R'' — термические сопротивления тепломера и приклеивающего слоя.

Наиболее достоверные результаты определения $R_0^{\text{ф}}$ получаются при установившемся (стационарном) тепловом потоке.

Приведенные выше рекомендации по определению необходимого термического сопротивления покрытий основывались на учете теплофизических требований, обеспечивающих минимально допустимые температуры внутреннего воздуха и на внутренней поверхности ограждений.

Если же учесть, что в создании регулируемого климата внутренних помещений участвует отопление, вентиляция или кондиционирование, то величина оптимальных теплозащитных характеристик ограждающих конструкций зданий должна ограничиваться экономическими соображениями. В большинстве случаев затраты на увеличение термического сопротивления ограждений быстро возмещаются соответствующим снижением стоимости отопительных установок.

Исследования, проведенные в США, показывают, что если выполнять на должном уровне теплоизоляцию, то можно сократить расходы по отоплению государственных и частных зданий на 25%. Эта экономия составляет 10% всего национального потребления топлива [19].

Расчетные значения термического сопротивления ограждающих конструкций наши нормы строительной теплотехники рекомендуют уточнять экономическим расчетом. По разработанной методике [20] значения сопротивления теплопередаче являются оптимальными лишь в том случае, когда сумма капитальных затрат и годовых эксплуатационных расходов в течение нормативного срока окупаемости капитальных вложений будет минимальной. При этом все слагаемые капитальных затрат и эксплуатационных расходов выражают как функцию от термического сопротивления R_0 .

2. ПРИЧИНЫ УВЛАЖНЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Практически все материалы, применяемые для теплоизоляции покрытий, имеют увлажненную капиллярнопористую структуру. Степень увлажнения теплоизоляционных материалов определяется технологическими параметрами их изготовления, характером связи влаги с капиллярнопористым скелетом, а также усло-

виями эксплуатации покрытий и их конструктивными решениями.

Теплоизоляционные материалы, изготовленные на основе вяжущих гидравлического происхождения, получают высокую влажность уже при изготовлении, и основная задача технологов состоит в доведении этой влажности до равновесной с воздухом. Теплоизоляционные засыпки, которые изготавливаются методом обжига (например, керамзитовый гравий, перлитовый щебень и др.), сразу после изготовления являются сухими, однако и они, находясь в контакте с воздухом, поглощают (сорбируют) из него водяные пары до тех пор, пока давление водяного пара над влагой в порах и капиллярах материала станет равным давлению водяных паров в окружающем воздухе. При этом возникает диффузионно-осмотическая связь влаги с капиллярнопористым скелетом материала [21].

В строительной практике изучение характера связи влаги с материалами принято определять по изотермам сорбции влаги из воздуха с определенной температурой и влажностью. Влажностное состояние при установившемся равновесии процессов влагообмена с окружающей средой называют равновесной влажностью [22].

Анализируя изотермы сорбции различных ячеистых бетонов (рис. II.2), которые могут применяться в покрытиях зданий, нетрудно установить сравнительно небольшое увлажнение материалов до начала капиллярной конденсации (характеризующейся относительной влажностью воздуха до 80%) и интенсивный прирост влажности в период капиллярной конденсации. В этот период водяной пар, адсорбированный на стенках микро- и макрокапилляров, конденсируется, заполняя их водой.

Чем больше количество макрокапилляров в строительных материалах, тем большей будет и величина их сорбционного увлажнения. Таким образом, величина максимальной сорбции в известной степени характеризует микро- и макроструктурные особенности материалов.

Величины максимального сорбционного увлажнения у ячеистых бетонов неодинаковы; наибольшее увлажнение у пеносиликатов — 32,8%, у пенобетона — 30,9%, у газосиликата — 26,5%, у газобетона оно составило всего 20%. Это показывает, что в силу технологических осо-

бенностей образования ячеистой структуры у пеноячеистых изделий образуется большее количество макрокапилляров по сравнению с газоячеистыми; при одинаковых условиях у них проявляется большая способность к увлажнению.

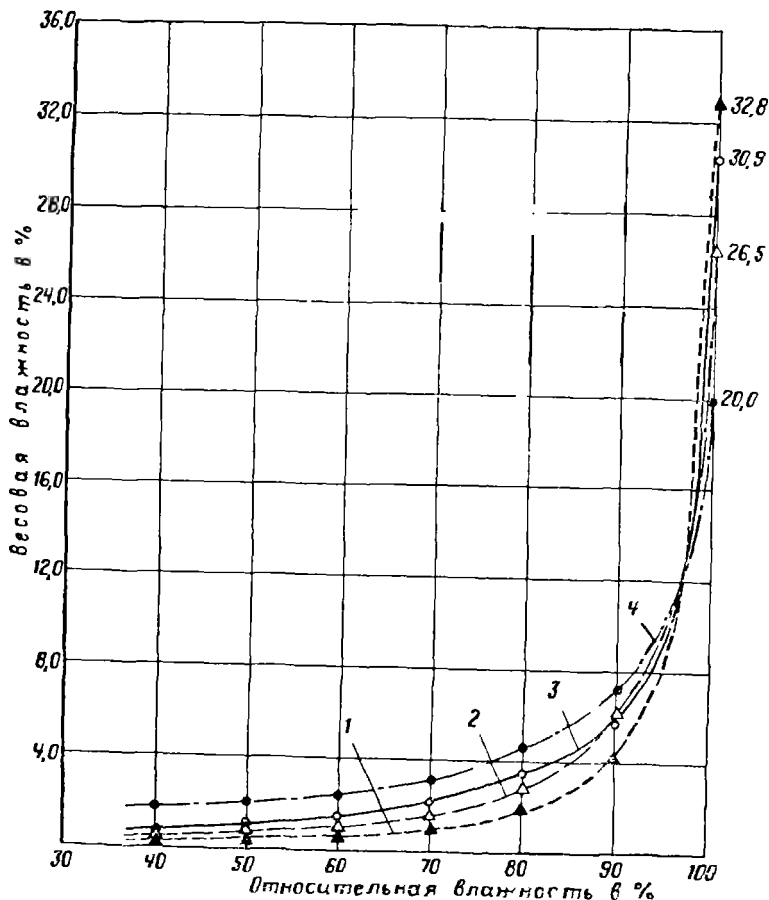


Рис. 11.2. Изотермы сорбции ячеистых бетонов

1 — пеносиликат, $\gamma = 520$ кг/м³, 2 — газосиликат, $\gamma = 540$ кг/м³; 3 — пенобетон, $\gamma = 520$ кг/м³, 4 — газобетон, $\gamma = 660$ кг/м³

Максимальное сорбционное (гигроскопическое) увлажнение не является пределом возможного увлажнения теплоизоляционных материалов; при неблагоприят-

ных условиях, когда они смачиваются сконденсировавшейся влагой и происходит частичное заполнение пор и капилляров большого радиуса водой, материалы могут иметь сверхсорбционную влажность. Исследования показывают, что и при этом остаются существенные различия в их увлажнении при одинаковых потенциалах увлажнения [23].

В ограждающих конструкциях зданий влагообмен происходит обычно под влиянием градиента потенциалов влаги, которые в условиях сорбционного увлажнения материалов характеризуются концентрацией (упругостью) водяных паров в воздухе, а также под влиянием градиента температур. Температурный перепад незначительно влияет на перенос водяного пара и в практических расчетах не учитывается.

Упругость водяных паров e_v большинства отапливаемых производственных помещений в зимний период почти всегда выше, чем у наружного воздуха e_n . Градиент этих упругостей вызывает диффузию парообразной влаги через материалы ограждающих конструкций наружу.

Процессы диффузии через широко применяемые покрытия невентилируемого типа в значительной степени осложнены наличием на их наружной поверхности фолонной кровли — пароизоляционного барьера с высокой степенью паронепроницаемости. Почти вся парообразная влага, проникающая в покрытие в холодный период года, идет на увлажнение теплоизоляционных материалов.

В отличие от тепловых процессов диффузия водяных паров через материалы покрытий происходит очень медленно, и влажностный режим теплоизоляционных материалов в покрытиях зависит в основном от условий их эксплуатации, определяемых микроклиматом помещений, паропроницаемостью материалов и временем воздействия климатических факторов, обуславливающих перенос парообразной влаги в покрытия.

При отсутствии конденсации водяной пар, проникая через слои покрытия наружу, понижает свою упругость от величины e_v внутри помещения до величины e_n . В этом случае упругость водяного пара на границах слоев материалов или в любой плоскости n , параллельной поверхности покрытия, можно определить по формуле

$$e_n = e_v - \frac{e_v - e_n}{R_n} R_n (n-1), \quad (II.13)$$

где R_n — сопротивление паропроницанию всего ограждения;

$R_{n(n-1)}$ — то же, до искомой плоскости.

Сопротивления паропроницанию определяют с учетом сопротивления ограждения паровосприятую $R_n^B = 0,02$, толщин слоев δ и коэффициентов их паропроницаемости μ :

$$R_{n(n-1)} = R_n^B + \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \dots + \frac{\delta_{n-1}}{\mu_{n-1}} \quad (\text{II.14})$$

В тех случаях когда возможна конденсация водяных паров в теплоизоляционном материале, значения максимальных упругостей водяного пара E находят по таблицам в соответствии со значениями температур в плоскости возможной конденсации влаги (ПВК). Температуры в этой плоскости определяют по формуле

$$\tau_n = t_B - \frac{t_B - t_n}{R_0} R_{n-1} \text{ град}, \quad (\text{II.15})$$

где R_0 — термическое сопротивление покрытия; определяется по формуле (II.1);

R_{n-1} — термическое сопротивление до искомой плоскости с учетом R_B толщины слоев и коэффициентов их теплопроводности; определяется по формуле

$$R_{n-1} = R_B + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_{n-1}}{\lambda_{n-1}} \quad (\text{II.16})$$

По результатам натурных обследований покрытий, проведенных ЦНИИПромзданий, влажности теплоизоляционных материалов в покрытиях зданий с различными температурно-влажностными режимами характеризуются данными, приведенными в табл. 1. Из таблицы видно, что в покрытиях, обследованных к концу зимнего периода влагонаполнения, отмечалась более высокая влажность теплоизоляционных материалов в зоне, примыкающей к выравнивающей стяжке. В это время теплоизоляционные материалы имели влажность, значительно превышающую допускаемую по нормам строительной теплотехники и более высокую, чем максимальная гигроскопическая. Так, по данным К. Ф. Фокина [24] максимальная гигроскопическая влажность топливного шлака при 0°C составляет 3,4%, а измеренные влажности (от 23,3 до 26,5%) превышали ее в шесть-семь раз

Влажностное состояние материалов в покрытиях зданий с различными температурно-влажностными режимами

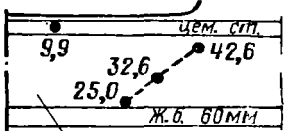
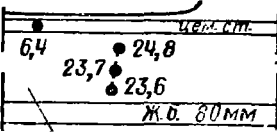
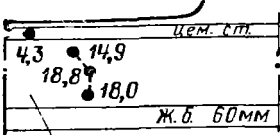
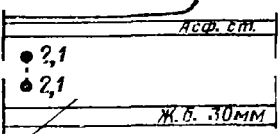
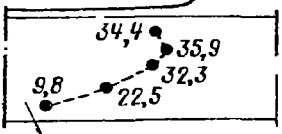
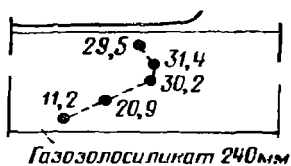
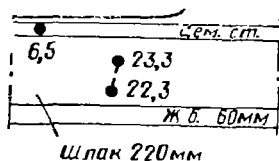
Схема покрытия, весовая влажность материалов и толщина теплоизоляции	Город, режим в помещении и время обследований
 Цем. ст. 9,9 32,6 42,6 25,0 Ж.б. 60мм Пенобетон 200мм	Орск; $t_{\text{в}} = 23^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{\text{в}} = 68\%$; 8 марта 1962 г.
 Цем. ст. 6,4 24,8 23,7 23,6 Ж.б. 60мм Шлак 260мм	Орск; $t_{\text{в}} = 34,8^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{\text{в}} = 62\%$; 9 марта 1962 г.
 Цем. ст. 4,3 14,9 18,8 18,0 Ж.б. 60мм Пенобетон 360мм	Москва; $t_{\text{в}} = 18^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{\text{в}} = 85\%$; 25 октября 1962 г.
 Асф. ст. 2,1 2,1 Ж.б. 30мм Керамзитобетон 120мм	Москва; $t_{\text{в}} = 18^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{\text{в}} = 50\%$; 9 января 1962 г.
 34,4 35,9 32,3 9,8 22,5 Газозолосиликат 240мм	Ликино (Моск. обл.); $t_{\text{в}} = 17^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{\text{в}} = 52\%$; 20 апреля 1965 г.

Схема покрытия, весовая влажность
материалов и толщина теплоизоляции

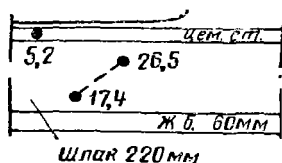
Город, режим в помещении
и время обследований



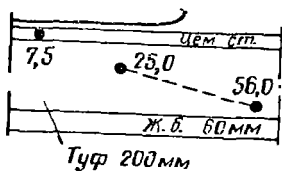
Ликино
(Моск. обл.);
 $t_{\text{в}} = 17^{\circ}\text{C}$;
 $\varphi_{\text{в}} = 52\%$;
15 октября 1965 г.



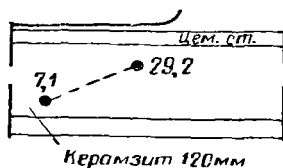
Орск;
 $t_{\text{в}} = 29,3^{\circ}\text{C}$;
 $\varphi_{\text{в}} = 58\%$;
8 марта 1962 г.



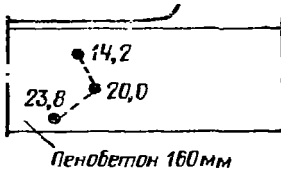
Орск;
 $t_{\text{в}} = 17,1^{\circ}\text{C}$;
 $\varphi_{\text{в}} = 77\%$;
9 марта 1962 г.



Москва;
 $t_{\text{в}} = 19,7^{\circ}\text{C}$;
 $\varphi_{\text{в}} = 85\%$;
25 октября 1962 г.



Москва;
 $t_{\text{в}} = 28,2^{\circ}\text{C}$;
 $\varphi_{\text{в}} = 40\%$;
25 мая 1966 г.

Схема покрытий, весовая влажность материалов и толщина теплоизоляции	И ф. ф. режим в помещении и время обследований
	Первоуральск; $t_{\text{в}} = 18,6^{\circ}\text{C}$; $\varphi_{\text{в}} = 70\%$; 26 апреля 1966 г.
	Свердловск, $t_{\text{в}} = 19,2^{\circ}\text{C}$; $\varphi_{\text{в}} = 42\%$; 28 апреля 1966 г.

и примерно в три раза допускаемую (8%) по нормам строительной теплотехники.

Результаты обследований свидетельствуют о неудовлетворительных теплотехнических качествах этих покрытий. В зимнее время на их внутренней поверхности образуется конденсат, и капиллярный перенос влаги происходит через слои покрытия. Пароизоляционный слой в покрытиях должен обладать при этих условиях также достаточными гидроизоляционными свойствами.

В покрытиях, обследованных в начале зимнего периода влагонакопления, максимальное увлажнение отмечалось в зоне, примыкающей к несущей плите. Это объясняется процессами перемещения влаги из верхней зоны покрытий (подвергающейся в летний период значительному нагреванию) в сторону с меньшими упругостями водяного пара. В покрытии, обследованном в начале января, разницы в распределении влаги обнаружено не было.

Кроме ухудшения теплозащитных качеств покрытий высокая влажность теплоизоляционных материалов может отрицательно сказываться на состоянии кровель, вызывая отслоение водоизоляционного ковра от основания под кровлю и появление вздутий и трещин в слоях кровли.

Результаты натурных опытов по долговечности покрытий показывают, что переувлажненная часть теплоизоляционных материалов, подвергаясь многократному замораживанию и оттаиванию, может разрушаться. Это особенно опасно в покрытиях с плитами из конструктивно-теплоизоляционных бетонов, совмещающих несущие и теплоизолирующие функции, так как несущая способность таких плит может снижаться.

Приведенные выше факты показывают, что при проектировании и устройстве покрытий необходимо предусматривать мероприятия, предупреждающие накопление в материалах влаги выше пределов, допускаемых нормами строительной теплотехники.

Отечественный и зарубежный опыт проектирования и эксплуатации покрытий свидетельствует, что уменьшить степень увлажнения теплоизоляционных материалов можно устройством под теплоизоляционным слоем необходимой пароизоляции или устройством над теплоизоляцией прослойки (либо каналов), проветриваемых наружным воздухом. При проектировании помещений с повышенными температурно-влажностными режимами возможно сочетание этих способов.

Здесь не рассматривались случаи возможного увлажнения эксплуатируемых покрытий из-за протеканий кровель. Однако такие случаи возможны и особенно опасны в покрытиях с высокоэффективными пароизоляционными слоями. При устройстве таких покрытий необходимо предусматривать приспособления для своевременного обнаруживания течей в кровлях с учетом рекомендаций, приведенных ниже.

3. НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАРОИЗОЛЯЦИИ

В практике промышленного строительства в нашей стране применяются в основном покрытия неветилируемого типа. Они относительно просты в исполнении и при правильно запроектированной и осуществленной пароизоляции в них может обеспечиваться нормальная влажность при нормальных теплоизоляционных материалах.

Возможность применения предполагаемого покрытия в здании с заданным температурно-влажностным режимом должна определяться на основе расчета исходя из следующих условий:

1) влажность паропроницаемости материалов в холодный период года в покрытиях может накапливаться небольшое количество влаги, однако в годичном цикле эксплуатации в покрытии не должно быть остаточного влагонакопления; другими словами, влага, накопившаяся в покрытии за холодный период, должна полностью уйти из покрытия в теплый период года;

2) влага, накапливающаяся в покрытии за холодный период, не должна увлажнять теплоизоляционные материалы до пределов, при которых возможно снижение термического сопротивления покрытий ниже требуемого или возможно снижение долговечности теплоизоляционных материалов.

Очевидно, что при этих условиях необходимо регламентировать начальную влажность материалов; во всех случаях она не должна быть выше значений максимального гигроскопического увлажнения.

При расчетах пароизоляции принимается, что в покрытиях неветилируемого типа ПВК примыкает к выравнивающей стяжке, а при ее отсутствии — к теплоизоляционному ковру. Такое расположение ПВК согласуется с графическим способом определения ПВК в ограждающих конструкциях [14, 24].

Количество влаги, приходящей $\rho_{пр}$ за годовой период z к 1 м² ПВК при наличии сопротивления паропроницанию слоев покрытия до ПВК R'_n , упругостей водяных паров внутреннего воздуха e_v и максимальных упругостей водяных паров E в ПВК, можно определить по формуле

$$\rho_{пр} = \frac{e_v - E}{R'_n} z \text{ г.} \quad (\text{II.17})$$

За это же время количество уходящей влаги из покрытия ρ с учетом сопротивления паропроницанию слоев покрытия выше ПВК R''_n и величин упругостей водяных паров наружного воздуха e_n определится по формуле

$$\rho_3 = \frac{E - e_n}{R''_n} z \text{ г.} \quad (\text{II.18})$$

Исходя из недопустимости накопления влаги в годичном цикле эксплуатации покрытия, должно выполняться условие $\rho_{пр} = \rho_{ух}$. Тогда сопротивление паропроницанию R'_n должно быть больше (или в крайнем случае равно)

требуемого сопротивления паропроницания части покрытия по ПВК $R_{п}^{тп}$. Приравнявая формулы (II.17) и (II.18) и решая их с учетом изложенного, получим:

$$R_{п}' - R_{п}^{тп} = \frac{e_n}{E - e_n} \tilde{R}_{п} \text{ м}^2 \cdot \text{мм рт. ст} \times \text{ч/г}. \quad (\text{II.19})$$

Учитывая, что процессы переноса парообразной влаги протекают очень медленно, среднегодовые значения e_n и E для определения $R_{п}^{тп}$ принимают на основании среднемесячных климатических показателей по периодам года для заданного района строительства. За зимний период принимаются месяцы со средней температурой воздуха ниже -5°C , за весенний и осенний — со средними температурами от -5 до 5°C , за летние — со средней температурой выше 5°C .

Среднемесячные значения e_n и температур за расчетные периоды принимают по нормам строительной климатологии [13] или по климатическим справочникам.

Показатели E рассчитывают по средним значениям температур в ПВК $t_{пвк}$, определяемым с учетом формул (II.15) и (II.16) за расчетные периоды года по формуле

$$t_{пвк} = t_n - \frac{t_n - t_{y.ср}}{R_0} R' \text{ град}, \quad (\text{II.20})$$

где t_n — температуры внутреннего воздуха;
 R_0 — общее термическое сопротивление покрытия;
 R' — термическое сопротивление всех слоев покрытия до ПВК;

$t_{y.ср}$ — условные средние температуры наружного воздуха за расчетный период, которые с учетом среднемесячных значений температур наружного воздуха $t_{ср}$ и солнечной радиации J рассчитывают по формуле

$$t_{y.ср} = t_{ср} + \frac{J}{\alpha_n} \text{ град}. \quad (\text{II.21})$$

Значения $t_{ср}$ и J определяют по нормам строительной климатологии или по климатическим справочникам; коэффициент отражения ρ для рубероидных кровель принимается равным 0,85, а значения коэффициента теплоотдачи $\alpha_n = 0,05$.

Необходимо отметить, что последними исследованиями ЦНИИПромзданий установлены повышенные влаж-

ности у материалов на затененных участках покрытий, не подвергающихся воздействию прямой солнечной радиации. Это, а также снижение воздействия солнечной радиации на северные стороны покрытий необходимо учитывать при расчетах влажностного режима покрытий уменьшением значений J до величин, характеризующих тепловое воздействие рассеянной солнечной радиации.

После подсчета $R_{п}^{тп}$ пароизоляционную способность специального (пароизоляционного) слоя определяют из условия

$$R_{п.п} \geq R_{п}^{тп} - (R_{п.п} + R_{п.т}), \quad (II.22)$$

где $R_{п.п}$ и $R_{п.т}$ — сопротивления паропрониканию несущей плиты и теплоизоляции.

После определения $R_{п.п}$ количество накопившейся влаги в покрытии за холодный период $P_{1.п}$ наиболее целесообразно рассчитывать по формулам (II.17) и (II.18). Тогда по разности приходящей $P_{1.пр}$ и уходящей $P_{1.ух}$ влаги за холодный период можно определить приращение весовой влажности в теплоизоляционном материале и его влажностное состояние по отношению к максимальному гигроскопическому увлажнению. Пароизоляционный слой должен ограничивать (или не допускать) накопление влаги в теплоизоляционных материалах до значений, не превышающих их максимальное гигроскопическое увлажнение.

Нормами строительной теплотехники, исходя из ограничения зимнего накопления влаги в утеплителе, расчет требуемой пароизоляции рекомендуется производить по допускаемому приращению влажности материала $\Delta W_{ср}$ при определенных средних значениях влажности материалов $W_{ср}$ в конце периода влагонакопления. Для некоторых теплоизоляционных материалов предусматриваются показатели приращения весовой влажности $\Delta W_{ср}$, приведенные в гр. 4 табл. II.2. Анализируя эти рекомендации, нетрудно установить, что они нуждаются в уточнении. Если принять, что в покрытии необходима теплоизоляция с термическим сопротивлением $R_t = 1$ и в покрытии надо применять материалы со значениями λ по условиям эксплуатации группы А, то при необходимых толщинах теплоизоляции (см. гр. 5) приращение влаги на 1 м^2 покрытия будет различным.

Показатели приращения влаги в покрытиях при определении $R_{\Pi}^{\text{тр}}$ по допускаемому приращению влажности теплоизоляционных материалов

{ Материал	Коэффициент паропроницания	По СНиП II-A. 7-62*		Расчетные значения при $R_{\Gamma}=1$		
		объемный вес в кг/м^3	допускаемое приращение влажности $\Delta W_{\text{ср}}$ в % по весу	толщина теплоизоляции в м	вес теплоизоляции в кг/м^2	приращение влаги в покрытиях в кг/м^2
1	2	3	4	5	6	7
Пенобетон	0,023	600	5	0,18	108	5,4
»	0,030	400	4	0,12	48	1,92
Фибролит	0,040	300*	5	0,12	36	1,8
Керамзитовая за-сыпка	0,050	300*	2	0,13	39	0,78
Пеногазостекло . .	0,003	300*	1,5	0,12	36	0,54
Стиропор	0,008	30*	30	0,04	1,2	0,36

* Взяты наиболее употребительные объемные веса материалов с учетом веса применяемых материалов и допускаемого приращения их влажности $\Delta W_{\text{ср}}$.

Оказывается, что при применении пенобетона $\gamma=400 \text{ кг/м}^3$ следует делать пароизоляцию со значительно меньшим сопротивлением паропроницанию, чем при применении пеногазостекла с $\gamma=300 \text{ кг/см}^3$, хотя известно, что его коэффициент $\mu=0,003 \text{ г/м}^2 \cdot \text{мм рт. ст.}$ в 10 раз превышает аналогичный коэффициент у пенобетона. При сопоставимых условиях пароизоляция в покрытиях с пенобетонным утеплителем $\gamma=600 \text{ кг/м}^3$ может пропускать влаги в 10 раз больше, чем в случае применения пеногазостекла.

Очевидно, что принятые в нормах строительной теплотехники рекомендации по ограничению накопления влаги в теплоизоляционных материалах нуждаются в корректировке с учетом предложений, изложенных в начале раздела.

Рекомендации различных зарубежных фирм по устройству пароизоляции в покрытиях носят разноречивый характер. Так, по техническим условиям американской фирмы «Cargue» рекомендуется устраивать пароизоля-

ционный барьер в покрытиях тех зданий, где предполагается большая влажность или температура зимой на длительное время опускается ниже 5°C . В качестве пароизоляции рекомендуется использовать не менее двух слоев кровельного материала, которые должны наклеиваться на горячий асфальт; поверхности обоих слоев картона нигде не должны соприкасаться [25].

По рекомендации канадских специалистов пароизоляционный барьер следует делать из двух слоев кровельных материалов (с основой из строительного тряпичного картона), уложенных поверх настила из бетона или из асбестоцемента; если настил стальной, на него наклеивают виниловую пленку, используя специальные приклеивающие составы [26].

Кроме конструкций покрытий с пароизоляционным барьером в США находят применение так называемые самовысыхающие кровли, в которых теплоизоляция располагается под несущей железобетонной плитой. По данным национального бюро стандартов в Вашингтоне в качестве утеплителя таких кровель могут использоваться любые гигроскопические материалы. Считают, что в конструктивном отношении этот тип покрытий намного проще и дешевле вентилируемых.

В нашей стране нет опыта применения покрытий, в которых утеплитель расположен под железобетонной плитой; такие покрытия могут найти применение в зданиях с сухим и нормальным влажностным режимом, преимущественно в южных районах.

Скандинавские исследователи [27] пришли к выводу, что покрытия с утеплителем из древесноволокнистых или пробковых досок и пароизоляционным барьером из одного слоя кровельного картона и двух слоев горячего битума по несущим железобетонным плитам являются довольно рискованными. Все эти материалы при увлажнении значительно ухудшаются; древесноволокнистые плиты теряют твердость и набухают, а пробка крошится.

Увлажнение материалов может вызываться неблагоприятными климатическими условиями во время строительства, просачиванием воды через кровли или вследствие неэффективности пароизоляционного барьера. Последний вид увлажнения теплоизоляционных материалов в покрытиях относится к разряду наиболее опасных. В связи с этим в ряде стран для пароизоляции рекомендуется применять практически паронепроницаемые материалы.

По нормам ФРГ [28] и США [19] для паронизляции предусматривается применение кашированной алюминиевой фольги толщиной 0,1 и 0,2 мм, покрытой битумом, полиизобутиленовыми и полиэтиленовыми пленками. При правильном применении этих материалов может быть почти полностью устранено увлажнение теплоизоляции парообразной влагой из помещений.

Вместе с тем надежная паронизляция препятствует просыханию материалов, случайно увлажненных во время строительства и эксплуатации покрытий. Поэтому зарубежные рекомендации [19] предусматривают зазоры в теплоизоляционных плитах, а также плиты со специальными фасками для образования в теплоизоляционном слое каналов, сообщающихся с наружным воздухом на карнизных участках кровель (рис. II.3) и в местах примыканий к выступающим конструктивным элементам. Эти каналы обеспечивают выход водяных паров из теплоизоляционного слоя.

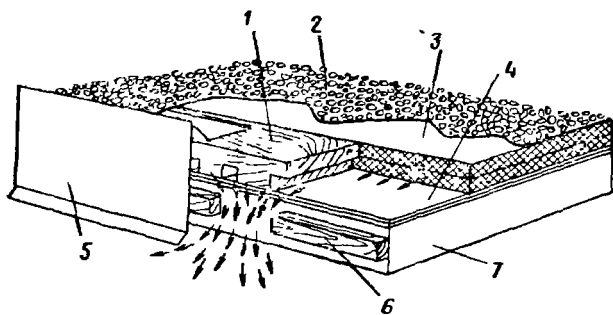


Рис. II.3. Устройство вентиляционных выходов у карнизов кровли

1 — доска с пазом; 2 — кровля с гравийным защитным слоем; 3 — теплоизоляция; 4 — паронизляция; 5 — карнизный слив, сливающий ограждением для гравия; 6 — деревянные бруски; 7 — несущая плита для устройства карнизного свеса

Очень важно своевременно обнаружить протекание кровли. В случаях когда паронизляция выполняется с повышенной степенью надежности и способна осуществлять также и гидроизоляционные функции, в пониженных участках покрытий целесообразно устанавливать специальные трубки, герметично соединяемые с небьющимися прозрачными емкостями, которые должны систе-

матически проверяться. Применительно к условиям строительства в нашей стране вопросы удаления парообразной влаги из покрытий вентилируемого типа будут рассмотрены ниже

4. ПОКРЫТИЯ С ВЕНТИЛИРУЕМЫМИ ПРОСЛОЙКАМИ И КАНАЛАМИ

При рассмотрении вопроса о применении покрытий с прослойками или с каналами для движения по ним воздуха следует иметь в виду, что такие покрытия несколько дороже широко применяемых (сплошных) покрытий и более трудоемки. Применению таких покрытий должны предшествовать технико-экономические обоснования исходя из условий их эксплуатации, применяемых материалов и специальных проработок, связанных с возможностью применения в покрытиях плит каркасного типа с воздушными прослойками над утеплителем, приспособленным для их вентиляции.

Покрытия с вентилируемыми воздушными прослойками в некоторой степени схожи с чердачными покрытиями, которые раньше успешно применялись в промышленных зданиях с практически неограниченными температурно-влажностными режимами. Сущность работы вентилируемых покрытий по снижению влажности в теплоизоляционных материалах состоит в том, что при прохождении по прослойке или по каналу относительно сухого наружного воздуха происходит испарение влаги с поверхности увлажненного теплоизоляционного материала и увлажнение уходящего из покрытия воздуха.

Исходя из этого главным средством снижения влажности теплоизоляционных материалов от переувлажнения их конденсационной влагой должен являться воздухообмен в прослойках или в каналах. Однако интенсивный воздухообмен может приводить к понижению температуры в прослойке и повышению коэффициента теплоотдачи; при этом также возможно падение температуры в теплоизоляционном слое в результате инфильтрации воздуха.

В отечественной строительной практике покрытия с воздушными прослойками и щелевыми каналами начали применяться в конце 20-х годов, когда многие покрытия выполнялись с применением древесины. К. Ф. Фокин [29],

обследовавший ряд покрытий промышленных зданий, пришел к выводу, что сквозное проветривание воздушных прослоек, расположенных выше теплоизоляционного слоя, является эффективным; в результате обеспечивается нормальный влажностный режим. Одновременно с устройством вентиляции следует располагать у внутренней поверхности покрытия пароизоляционный слой из рулонных кровельных материалов (толя, пергамина или рубероида).

В то же время В. Д. Цветаевым были разработаны нормы проектирования и конструирования осушающих продухов деревянных покрытий промышленных зданий. Считалось, что ветровой напор является определяющим фактором при проектировании таких покрытий.

Расчет покрытий с вентилируемыми продухами (рис. II.4) сводится к определению температур воздуха по длине продуха t_x , выявлению действительных коэффициентов теплопередачи покрытий k и определению осушающей эффективности прослоек при заданном воздухообмене w , который может определяться по правилам расчета вентиляционных воздуховодов. Для определения этих параметров В. Д. Мачинский и К. Ф. Фокин [24] исходят из следующих основных предпосылок.

Количество тепла, поступающего в прослойку от внутреннего воздуха при длине прослойки dx и ширине 1 м, составит

$$Q_1 = k_v (t_v - t_x) dx \text{ ккал/ч,} \quad (\text{II.23})$$

где k_v — коэффициент теплопередачи части покрытия от внутреннего воздуха до воздуха в прослойке; количество тепла, уходящего из прослойки к наружному воздуху,

$$Q_2 = k_n (t_v - t_n) dx \text{ ккал/ч,} \quad (\text{II.24})$$

где k_n — коэффициент теплопередачи части покрытия от воздуха в прослойке к наружному воздуху; количество тепла, идущего на изменение температуры воздуха в прослойке на dt градусов.

$$Q_3 = w c dt \text{ ккал/ч,} \quad (\text{II.25})$$

где $c = 0,24$ — удельная теплоемкость воздуха в $\text{ккал/кг} \cdot \text{град.}$

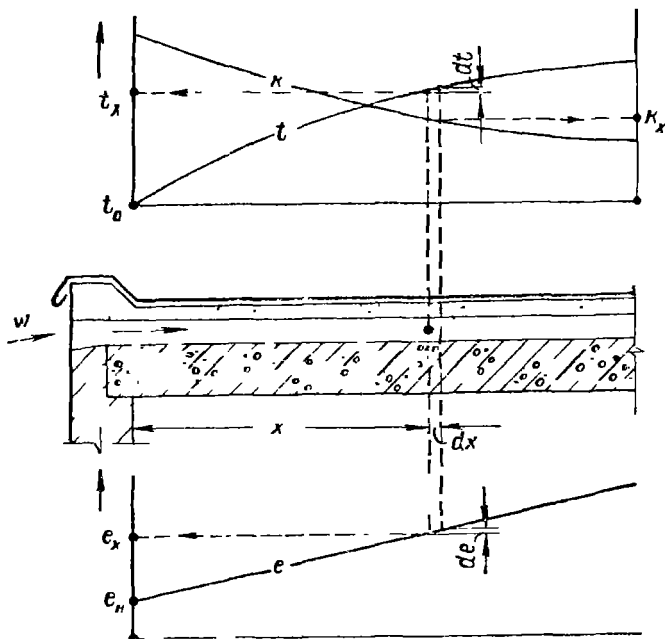


Рис. 11.4. Расчетная схема для определения в покрытиях с вентилируемой воздушной прослойкой значений k , t и e

Из условия теплового баланса $Q_0 = Q_1 - Q_2$ и интегрирования этого уравнения получают t_x на расстоянии x от входа воздуха в прослойку:

$$t_x = \frac{A + [t_0 (k_B + k_H) - A] e^{-\frac{k_B + k_H}{wc} x}}{k_B + k_H}, \quad (11.26)$$

где

$$A = k_B t_B + k_H t_H,$$

t_0 — температура воздуха, входящего в прослойку.

В связи с изменением температуры воздуха по длине прослойки действительная величина коэффициента теплопередачи ограждения будет иметь переменную величину:

$$k = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{г}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} k_{\text{в}}. \quad (\text{II.27})$$

С учетом возможной эксфильтрации воздуха Я. Э. Одельский [30] рекомендует вводить в формулу (II.27) среднюю по длине прослойки температуру $\bar{t}$, определяемую интегрированием по длине прослойки. Тогда общий коэффициент теплопередачи покрытия определится из соотношения

$$k = \frac{t_{\text{в}} - \bar{t}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} k_{\text{в}}. \quad (\text{II.28})$$

Чтобы получить характеристики осушающей способности покрытий с вентилируемыми продухами, используется аналогичный подход, что и при составлении уравнения теплового баланса. Если принять, что количество пара, поступающего в прослойку из внутреннего воздуха,

$$P_1 = \frac{e_{\text{в}} - e_{\text{г}}}{R_{\text{п.1}}} d\tau \text{ г/ч}, \quad (\text{II.29})$$

количество пара, уходящего из прослойки к наружному воздуху через верхнюю часть покрытия,

$$P_2 = \frac{e_{\text{г}} - e_{\text{н}}}{R_{\text{п.11}}} dx \text{ г/ч}, \quad (\text{II.30})$$

где $R_{\text{п.1}}$ и $R_{\text{п.11}}$ — сопротивления паропрооницанию частей покрытия, расположенных соответственно ниже и выше воздушной прослойки,

то количество пара, идущего на изменение абсолютной влажности воздуха в прослойке на $df \text{ г/м}^3$,

$$P_3 = \omega' df, \text{ или } P_3 = \omega' Bde \text{ г/ч},$$

где $\omega' = 3600 \nu \delta \text{ м}^3/\text{ч}$;

ν — скорость воздуха по прослойке в м/сек ;

δ — толщина прослойки в м .

Из условия баланса влаги имеем $P_3 = P_1 - P_2$, откуда после интегрирования этого уравнения получают [24]

$$e_x = \frac{A + [e_n (M_v + M_n) - A]e}{M_v + M_n} \quad \text{мм рт. ст.} \quad (\text{II.31})$$

где

$$A = M_v e_v + M_n e_n;$$

$$M_v = 1/R_{n,1} \text{ и } M_n = 1/R_{n,II}.$$

После определения e_x в любом сечении рассчитывают конденсацию влаги отдельно для нижней и для верхней части покрытия при разности упругостей водяных паров соответственно

$$e_v - e_x \text{ и } e_x - e_n.$$

Необходимо отметить, что формула (II.31) справедлива только при отсутствии конденсации в покрытии.

Чтобы предупредить возможную конденсацию водяных паров на внутренней поверхности части покрытия над воздушной прослойкой в холодный период года, по прослойке должен перемещаться воздух. Требуемый воздухообмен определяется из условия, чтобы наибольшие значения e_x не превышали допускаемых e_d . Я. Э. Одецкий рекомендует определять эти значения из условия

$$e_d = E_n \frac{1 - \chi \varphi_n}{1 - \chi} \quad \text{мм рт. ст.}, \quad (\text{II.32})$$

где E_n — максимальные упругости водяного пара для температуры наружного воздуха t_n ;

χ — отношение сопротивлений паропрооницанию материала основания под кровлю к части покрытия над воздушной прослойкой;

φ_n — относительная влажность наружного воздуха.

Требуемый воздухообмен в прослойке рекомендуется определять по формуле

$$w_{\text{тр}} = M_v L / b_1 \frac{e_v - e_n}{e_d - e_n} \quad \text{кг/м} \cdot \text{ч}, \quad (\text{II.33})$$

где $M_v = 1/R_{n,1}$ — коэффициент влагопередачи (в $\text{г/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм рт. ст.}$) части покрытия ниже воздушной прослойки;

L — длина канала в м;

b_1 — удельная пароемкость влажного воздуха в $\text{г/кг} \cdot \text{мм рт. ст.}$

Из формулы (II.33) нетрудно установить, что величина требуемого воздухообмена обратно пропорциональна значению сопротивления паропрооницанию части покрытия ниже воздушной прослойки. Чем больше сопротивление паропрооницанию $R_{п.л.}$, тем меньшим может быть воздухообмен в прослойках покрытия.

Известны различные конструктивные решения покрытий с прослойками и каналами, вентилируемыми наружным воздухом. Специалисты скандинавских стран, где климат несколько сходен с климатом некоторых районов в нашей стране, рекомендуют применять различные типы вентилируемых покрытий (рис. II.5). В таких покрытиях может устраиваться и пароизоляция.

Несмотря на то что покрытия с вентилируемыми прослойками и каналами находят применение в зданиях различного назначения, шведские специалисты считают, что проблема влажностного режима в покрытиях зданий с повышенным влажностным режимом пока не решена. Система вентиляционных каналов в покрытиях является относительно простой, однако устройство таких деталей, как воздухозаборных отверстий (окон), сборных каналов, вытяжных шахт и т. п., весьма трудоемко; оно требует продолжительного времени и тщательного исполнения.

Исследования опытных вентилируемых покрытий различной конструкции, проводимые в скандинавских стра-

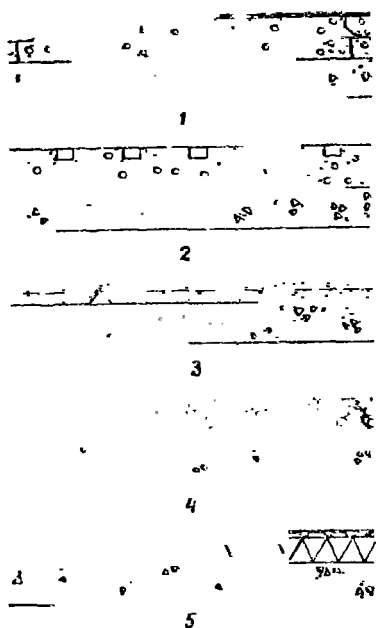


Рис. II.5. Рекомендуемые приемы образования в покрытиях вентилируемых каналов и прослоек

1 — при укладке теплоизоляционных плит с кантом; 2 — устройством сплошных канвлов в верхней части монолитного теплоизоляционного слоя; 3 — устройством основания под кровлю из бетонных плиток с кантом; 4 — применением гранулированных теплоизоляционных засыпок; 5 — применением профилированного картона

нах, дали возможность составить некоторые рекомендации для их проектирования. Установлено, что в вентилируемых покрытиях обеспечивается хорошее просыхание утеплителя, если коэффициент вентиляции, который выражается отношением общей площади поперечного сечения каналов к площади поверхности кровли, вентилируемой этими каналами, находится в пределах $1/500—1/1000$. Удовлетворительные результаты были получены и в покрытиях с коэффициентом вентиляции $1/2000$. Вентиляционные каналы, расположенные над утеплителем, создают благоприятные условия для высыхания утеплителя в основном в летнее время.

Эффективность работы каналов, расположенных под утеплителем, не выяснена. Для условий нашей страны такое расположение каналов неприемлемо, поскольку холодный воздух будет проникать к несущим конструкциям из довольно теплопроводных материалов и охлаждать их, вызывая появление конденсата на внутренней поверхности покрытий под такими каналами.

При устройстве вентилируемых покрытий большое значение имеет способ проветривания каналов. Те покрытия, которые проветривались через отверстия в стенах, высыхали достаточно хорошо. Опыт применения дефлекторов в покрытиях оказался неудачным. По утверждению шведских исследователей [27], основные недостатки дефлекторов состояли в том, что они имели небольшую высоту, недостаточное сечение, и при отсутствии необходимой теплоизоляции на их стенках выпадал конденсат, который проникал в утеплитель покрытий. Примерно 50% из числа обследованных покрытий вентилируемого типа имели недостаточную вентиляцию.

Учитывая, что эффективность покрытий с вентилируемыми прослойками или каналами зависит от скорости движения по ним воздуха и, следовательно, от их сечения, длины и степени совершенства приточно-вытяжных устройств, в ЦНИИПромзданий были проведены специальные теплотехнические исследования участков опытного покрытия цеха формовки гипсобетонных санитарно-технических кабин в Домодедово с различными видами вентилируемых прослоек и каналов [31].

Опытные покрытия выполнялись из плит типа ГКП размером $6 \times 1,5 \times 0,24$ м из газозолосиликата $\gamma = 700 \text{ кг.м}^3$, имевшего технологическую (заводскую) влажность 35–40%, т. е. в три-четыре раза превышаю-

шую допускаемую по нормам строительной теплотехники.

Ширина каждого участка покрытия равнялась ширине плиты и составляла 1,5 м. Чтобы предотвратить возможное перераспределение влаги между соседними участками опытных покрытий, боковые поверхности плит тщательно изолировались битумно-бензольной краской. Прослойки и каналы имели длину 30 м и при помощи борозд или отверстий в кирпичной кладке парапетной части стен соединялись с наружным воздухом (рис. II.6).



Участки опытного покрытия

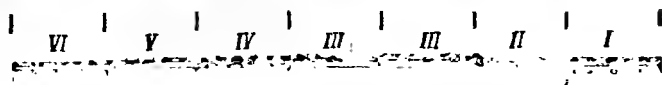


Рис. II.6. Вид цеха формовки санитарно-технических кабин с участками опытного покрытия

I — с применением плит, имеющих отверстия (каналы) диаметром 50 мм; II — с гравийным слоем под водонепроницаемым ковром; III₁ — со сплошной прослойкой высотой 80 мм; III₂ — то же (на зимнее время прикрывалось доской); IV — с прослойкой переменной высоты (под асбестовыми листами); V — неветилируемый участок (для сравнения); VI — с каналами прямоугольного сечения 30×40 мм (участок покрытия над неотапливаемым проездом)

Формовочный цех с заливочным и столярным отделениями был введен в эксплуатацию осенью 1964 г. В зимнее время в заливочном цехе температура под покрытием колебалась от 15 до 22°C при среднем значении 18°C, а относительная влажность — от 50 до 86% при среднем значении 68%. В летний период температура под покры-

тем колебалась от 15 до 30 С при среднем значении 22°C, а относительная влажность — от 56 до 82% при среднем значении около 65%.

Средние температура и относительная влажность в столярном отделении зимой составляли 16°C и 60%, а летом 20°C и 50%.

Выше указывалось, что важным фактором, влияющим на снижение влажности в покрытиях с вентилируемыми прослойками и каналами, является скорость движения воздуха по ним. Она может изменяться в зависимости от направления ветра по отношению к вентилируемым каналам и от его скорости. Скорость и направление наружного воздуха определяли анеморумбографом марки М 12 который устанавливали на мачте, закрепленной к наиболее высокой части покрытия надстройке цеха сборки.

В помещениях вентилируемой прослойке скорость воздуха измеряли крыльчатим анемометром АОС-2. Анемометр устанавливали в прослойку через проем, сделанный в деревянном настиле. Сверху его герметически закрывали стеклом. Благодаря этому можно было снимать показания счетчика анемометра через определенные промежутки времени и по тарировочным графикам определять скорости движения воздуха в воздушной прослойке над плитой.

При относительно малых размерах прослоек и каналов в других типах покрытий скорости воздуха определяли по движению впускаемых в них порций «дыма» (мельчайшей взвеси частичек хлористого аммония). «Дым» подавали по резиновой трубке из сосуда с соляной кислотой, в котором он образовывался при нагнетании нашатырного спирта. На расстоянии 1 м от мест, в которые впускали порции «дыма», делали герметизированные остекленные проемы размером 30×60 мм над прослойкой или над каналом, а на их дно по размеру проема укладывали зеркальце. Это давало возможность легко улавливать момент появления «дыма» в прослойке или в канале и в соответствии с этим определять по секундомеру скорость движения воздуха.

Чтобы определить характер движения воздуха на участке покрытия с диффузионной прослойкой, над грибом была устроена и тщательно загерметизирована стеклянная полоса покрытия шириной 10 см и длиной 50 см; получался видимый участок диффузионной прослойки, заполненной керамзитовым гранулятом с

Скорость воздуха внутри трубы при $u = 8 \text{ м/сек}$

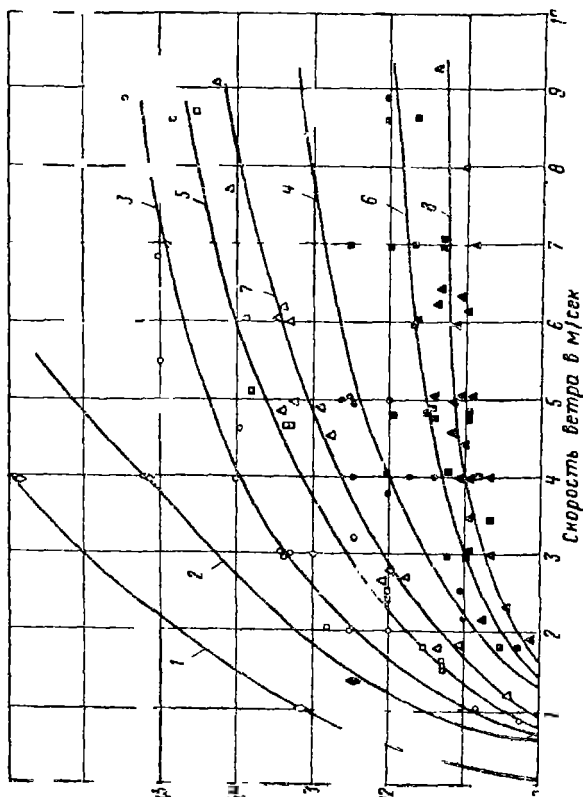


Рис. 117. График изменения скорости ветра в прослойках канала, опытных покрытий в зависимости от скорости и направления ветра

1 — в сплошной прослойке при направлении ветра, совпадающем с осью прослойки; 2 — то же при направлении ветра под углом 45° к оси прослойки; 3 — в прослойке переменной высоты при направлении ветра, совпадающем с осью прослойки; 4 — то же, при направлении ветра под углом 45° к оси прослойки; 5 — в круглых каналах при направлении ветра, совпадающем с осью отверстия; 6 — то же, при направлении ветра под углом 45° к оси канала; 7 — в каналах прямоугольного сечения при направлении ветра, совпадающем с осью каналов; 8 — то же, при направлении ветра под углом 45° к оси каналов

стекленным участком в прослойку через трубку вводили порции «дыма».

Скорость движения воздуха измеряли в средней части спыльных участков покрытий. Одновременно с этим автоматически записывались скорость и направление движения ветра. Результаты этих измерений в графическом виде представлены на рис. II.7. Результаты показывают, что скорость движения воздуха в прослойках и каналах является наибольшей в случаях, когда их направление совпадает с направлением ветра. С увеличением угла наклона между продольной осью покрытий и направлением ветра наибольшие скорости получены в покрытиях со сплошной воздушной прослойкой. В этих покрытиях сохраняются относительно высокие скорости движения воздуха и при небольшом изменении направления ветра.

Меньшие скорости были на участке покрытия с переменной высотой воздушной прослойки под асбестоцементными волнистыми листами. При изменении направления ветра на 45° скорость движения воздуха в таких прослойках уменьшается примерно в полтора-два раза.

Скорость движения воздуха по круглым каналам в плитах покрытий была ниже, чем в воздушной прослойке переменной высоты, хотя площадь круглого канала ($19,7 \text{ см}^2$) больше площади, ограниченной волной асбестоцементного листа и плитой покрытия ($17,8 \text{ см}^2$). Это, по-видимому, связано с тем, что при укладке плит в поперечных швах очень трудно обеспечить абсолютно точное совпадение каналов и в результате могут увеличиваться местные сопротивления для движения воздуха. Таких недостатков не имеет вентилируемая прослойка, образуемая асбестоцементными листами.

Наименьшая скорость отмечена в каналах прямоугольного сечения (бороздах). Для этого типа каналов также характерны трудности в обеспечении совпадения их по длине при монтаже плит.

Результаты исследований по определению движения воздуха в диффузионной прослойке под водоизоляционным ковром показывают, что движение воздуха в них отсутствовало. Пущенные в прослойку порции дыма рассеивались на месте. Это дает основание полагать, что в диффузионной прослойке воздухообмен может осуществляться главным образом вследствие диффузии воздуха на границе подкровельного пространства с наружным воздухом. Диффузия может ускоряться в результате п

риотичности процессов температурного расширения воздуха при воздействии солнечной радиации на кровлю.

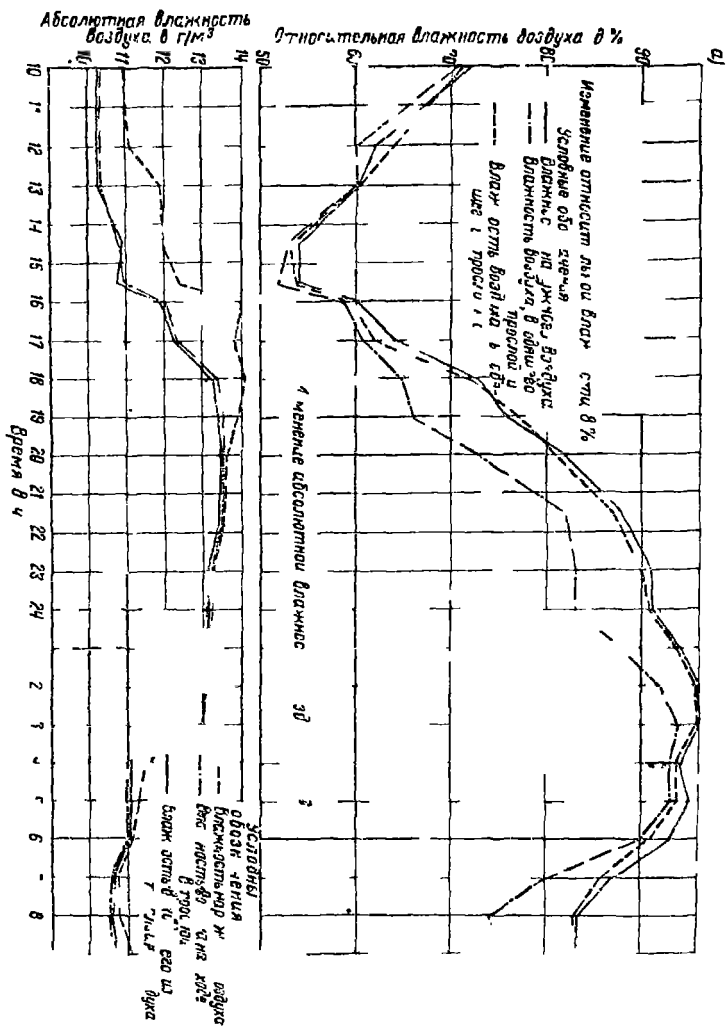
Учитывая, что осушающая эффективность наружного воздуха зависит не только от скорости движения воздуха по прослойкам и каналам, но и от его влажности, были проведены исследования по определению влажности воздуха в покрытиях различных типов, изучалась кинетика изменения влажности воздуха при движении его по покрытию со сплошной воздушной прослойкой.

Влажность воздуха определяли психрометрами Ассмана по психрометрической разности показаний «сухого» и «влажного» термометров. Из прослоек и каналов воздух подводили к ним по коротким резиновым трубкам. Одновременно с определением влажности воздуха в покрытиях измеряли температуру и влажность наружного воздуха, поступающего в прослойки и каналы. Все измерения производили круглосуточно с интервалом времени в один час.

Влажности воздуха по длине сплошной вентилируемой прослойки определяли на расстоянии 3, 15 и 24 м от оси *I* торцевой стены (см. рис. II.6). В других типах покрытий — в средней части: на расстоянии 15 м от оси *I*. В графическом виде данные, определяющие влажность воздуха в покрытиях, приведены на рис. II.8.

Как видно из графиков, относительная влажность воздуха в прослойках и каналах покрытий колеблется в течение суток в широких пределах (от 52 до 100%). Она снижалась в дневные часы и достигала минимума между 14 и 15 ч 30 мин, т. е. в часы, когда температура воздуха в воздушных прослойках, благодаря тепловому воздействию солнечной радиации, достигала максимума. В покрытии с диффузионной прослойкой из мелкого гравия температура воздуха повышалась раньше, а минимальное значение относительной влажности отмечалось в 13 ч. Более позднее повышение относительной влажности воздуха отмечалось в покрытии со сплошной воздушной прослойкой. Это объясняется наличием над воздушной прослойкой элементов с несколько большей величиной термического сопротивления, чем у других типов покрытий.

Максимальное значение абсолютной влажности воздуха, выходящего из воздушной прослойки, наблюдалось с 16 до 18 ч, т. е. в период, когда под воздействием солнечной радиации наступало наиболее сильное прогревание верхней зоны плит покрытий.



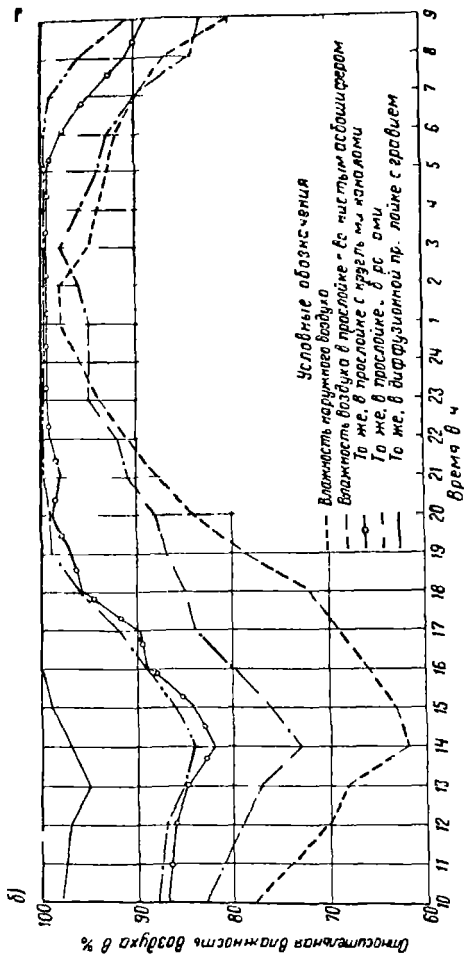


Рис. II 8. Графики изменения влажности воздуха в течение суток

а — в сплошной вентилируемой прослойке, б — в прослойках и а — в

идо

Вечером и ночью относительная влажность воздуха в прослойках и каналах повышалась.

В покрытии со сплошной воздушной прослойкой относительная влажность воздуха достигла максимума в период с 3 до 5 ч. Этот промежуток времени характеризовался наибольшим понижением температур наружного воздуха и остыванием верхней части покрытия. Необходимо отметить, что относительная влажность воздуха, выходящего из покрытия, не превышала влажности наружного воздуха, а значение его абсолютной влажности большую часть суток было значительно выше абсолютной влажности воздуха, входящего в покрытие. Разница влажности была особенно заметной в период с 9 до 19 ч. Это способствует интенсивному выносу влаги из покрытия. В последующий период абсолютная влажность воздуха, выходящего из покрытия, мало отличалась от влажности наружного воздуха и, следовательно, в это время происходило менее интенсивное удаление влаги из плит покрытий. По-видимому, это связано не только со скоростью воздуха, проходящего по воздушной прослойке, но и с некоторой цикличностью перемещения влаги из толщи плит к поверхности, граничащей с воздушной прослойкой.

Относительная влажность воздуха в покрытиях с другими типами воздушных прослоек и каналов в течение суток была выше влажности наружного воздуха, а вечером или ночью достигала максимального значения, при котором возможно выпадение из воздуха росы.

В покрытии с воздушной прослойкой, образованной волнистыми асбестоцементными листами, относительная влажность воздуха достигала максимального значения в период с 1 до 3 ч ночи; в покрытии из плит с круглыми отверстиями — с 23 до 5 ч утра; в покрытиях из плит с бороздами — с 21 до 6 ч и в покрытии с диффузионным слоем — с 20 до 9 ч утра.

Все это свидетельствует о значительном насыщении парами воды воздуха в прослойках и каналах, а также и о том, что в эти часы на участках покрытий, находящихся на некотором удалении от воздухозаборных отверстий, практически не происходит сушки теплоизоляционных плит. Небезынтересно отметить, что на стекле, вставленном для наблюдения за движением воздуха в покрытии с диффузионной прослойкой, почти все время были капли воды.

В связи с исследованиями по определению скорости движения воздуха в покрытиях с различными прослойками и каналами и его осушающей способности представляют несомненный интерес данные по определению влажностного состояния покрытий в условиях эксплуатационных воздействий. Чтобы получить представление о распределении влажности по толщине плит, через каждые 50 мм отбирали пробы газозолосиликата (при помощи специальных желонки), взвешивали P_v и затем высушивали до постоянного веса P_c . Весовую влажность проб подсчитывали по формуле

$$\omega_v = \frac{P_v - P_c}{P_c} 100\%. \quad (\text{II.34})$$

Чтобы выявить кинетику изменения влажностного состояния различных типов покрытия, влажность плит определяли осенью 1964 г. (за месяц до ввода цеха в эксплуатацию), весной и осенью 1965 г., а также весной 1966 г., т. е. в периоды, характеризующиеся началом или концом влагонакопления в покрытиях.

Следует отметить, что плиты монтировались в весенне-летний период 1964 г. Их влажность колебалась от 30,7 до 42% и составляла в среднем 34%. Спустя два месяца после окончания монтажа, плиты были закрыты водонепроницаемым ковром. За этот период происходило их интенсивное высыхание, чему способствовали благоприятные климатические условия теплого сухого лета 1964 г. Влажность плит продолжала снижаться и после устройства кровли, и, как показали данные отбора проб, осенью 1964 г. их влажность снизилась примерно на 10% по сравнению с влажностью во время монтажа.

Учитывая сравнительно небольшой промежуток времени между вводом цеха в эксплуатацию и определением влажности плит осенью 1964 г., можно считать сложившееся влажностное состояние плит по результатам этого определения начальными значениями влажности опытных участков покрытий.

Данные по определению весовой влажности газозолосиликатных плит в покрытиях различных типов приведены на рис. II.9—II.14.

Начальные влажности плит покрытий в пределах длины отдельных опытных участков существенно не отличались, за исключением покрытий на I и IV опытных участках. Из последующего определения влажностного со-

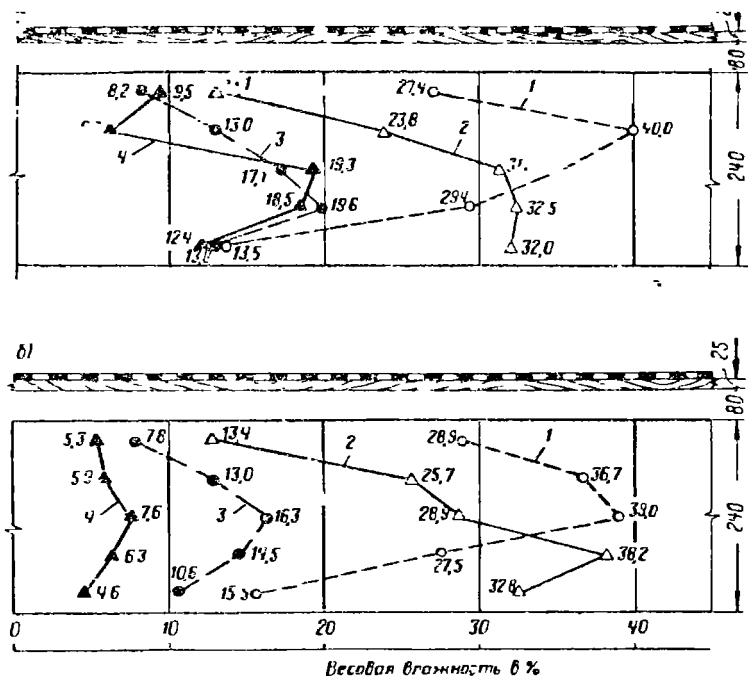


Рис. 11.9. Влажность плит на вентилируемом IIIa участке опытного покрытия

а — над стоярным отделением; б — над заливочным отделением; 1 — осенью 1964 г.; 2 — весной 1965 г.; 3 — осенью 1965 г.; 4 — весной 1966 г.

стояния плит в покрытиях с различными типами прослоек и каналов нетрудно установить, что только в покрытиях неветилируемого типа и в покрытиях с диффузионной прослойкой при данных граничных условиях влажность не снижалась по сравнению с начальной.

Наиболее эффективная осушающая способность установлена у покрытий со сплошными воздушными прослойками над утеплителем (рис. 11.9, 11.10). Они обеспечивали снижение влажности в плитах покрытий в течение одного года эксплуатации более чем в два раза. На этих участках специально исследовали влажностный режим покрытий при двух режимах работы прослоек.

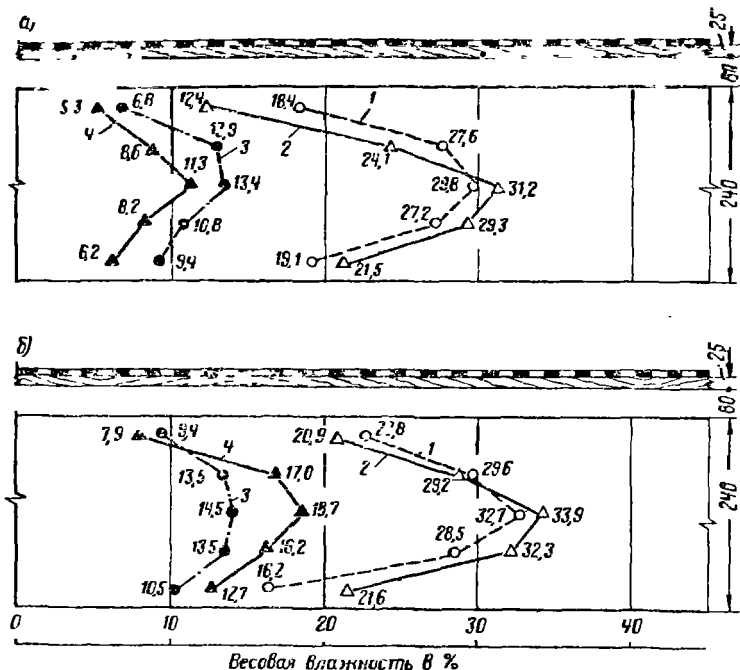


Рис. II.10. Влажность плит на III участке опытного покрытия (со сплошной прослойкой, прикрытой с февраля по апрель 1965 г.)

а — над столярным отделением; б — над заливочным отделением; 1 — осенью 1964 г.; 2 — весной 1965 г.; 3 — осенью 1965 г.; 4 — весной 1966 г.

Чтобы ограничить свободный доступ наружного воздуха в воздушную прослойку, над плитой на III участке щели в кирпичной кладке стен по осям 1—1 и 3—3 (в противоположной торцевой стене) прикрывали доской с февраля по апрель 1965 г. Наружный воздух в прикрытую воздушную прослойку мог попадать лишь через неплотности между доской и кладкой и частично со стороны участка IIIа через зазоры в дощатом настиле под рулонную кровлю.

На участке IIIа воздушная прослойка над плитой через щель в кирпичной кладке стен по осям 1—1 и 3—3 беспрепятственно сообщалась с наружным воздухом. Начальная влажность плит на участке III на расстоянии 3 и 15 м от оси 1—1 осенью 1964 г. составляла соответственно 24,4 и 26% и была ниже, чем на участке IIIа соответ-

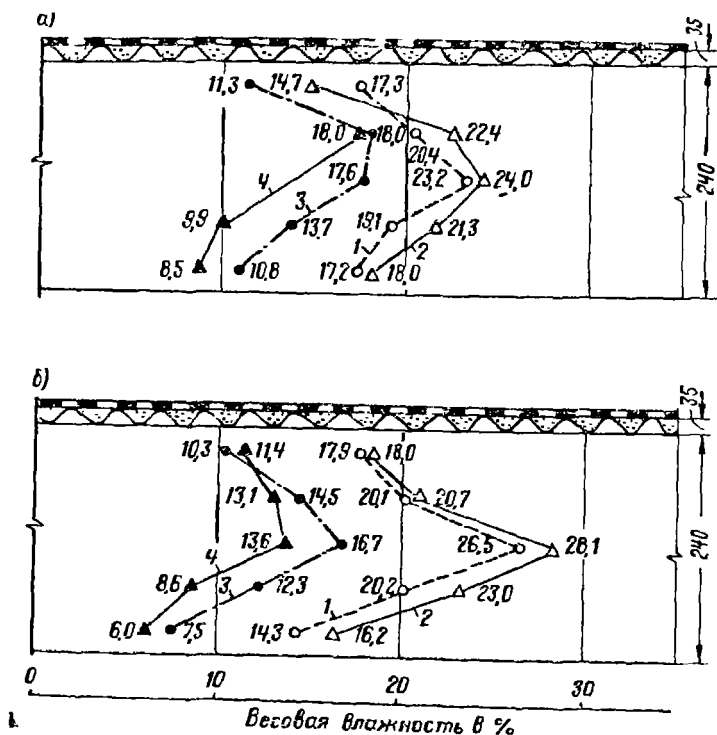


Рис. II.11. Влажность плит на IV (вентилируемом) участке покрытия

а — над столярным отделением; б — над заливочным отделением; 1 — осенью 1964 г.; 2 — весной 1965 г.; 3 — осенью 1965 г.; 4 — весной 1966 г.

венно на 4,7 и 3,4%. На участке IIIa после зимнего периода влажность плит снизилась на 2,5 и 1,7%, в то время как на участке покрытия без свободного доступа воздуха влажность плит в среднем немного повысилась. Следует отметить, что в покрытии на участке IIIa за зимний период произошло существенное перераспределение влажности в плитах: примерно на 15% снизилась влажность в верхней зоне плит, находящейся в контакте с воздушной прослойкой.

Снижение влажности на III участке в верхней зоне покрытия (с воздушной прослойкой, прикрытой примерно с середины зимы) происходило менее интенсивно; на рас-

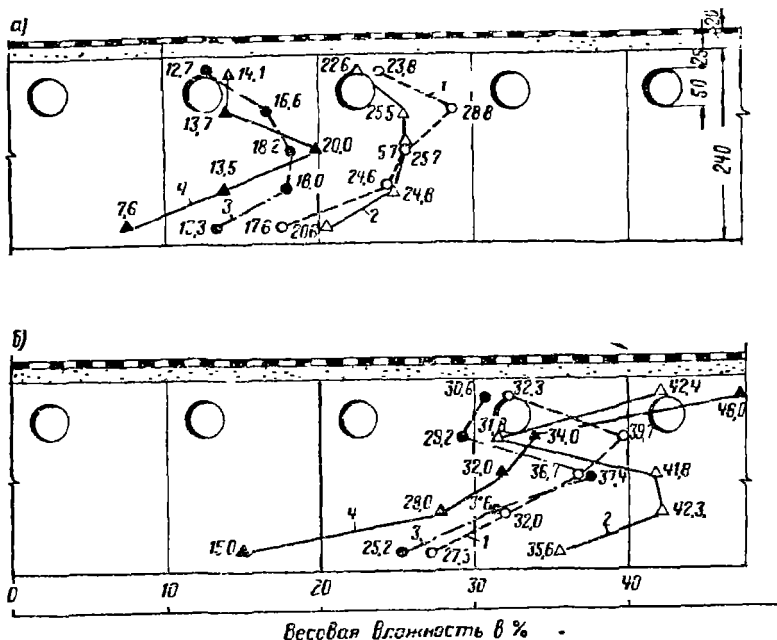


Рис. 11.12. Влажность плит на I (частично вентилируемом) участке покрытия

а — над столярным отделением; б — над заливочным отделением; 1 — осенью 1964 г.; 2 — весной 1965 г.; 3 — осенью 1965 г.; 4 — весной 1966 г.

стоянии 3 и 15 м от оси 1—1 оно составляло соответственно 6 и 1,9%.

За летний период происходило интенсивное высыхание плит на III и IIIа участках и по сравнению с начальной их влажность снизилась соответственно до 10,6 и 12,4%. Данные определений влажности весной 1966 г. свидетельствуют о дальнейшем высыхании плит.

На IV участке опытного покрытия с воздушной прослойкой переменной высоты (см. рис. 11.11), образуемой укладкой по плитам асбестоцементных волнистых листов, начальная влажность плит составляла от 19,4 до 24,2%. Зимой в них происходило лишь незначительное влагонакопление, которое составило в среднем 1%.

Над столярным цехом на расстоянии 3 м от воздухозаборных щелей влажность плит повысилась на 0,7%, а

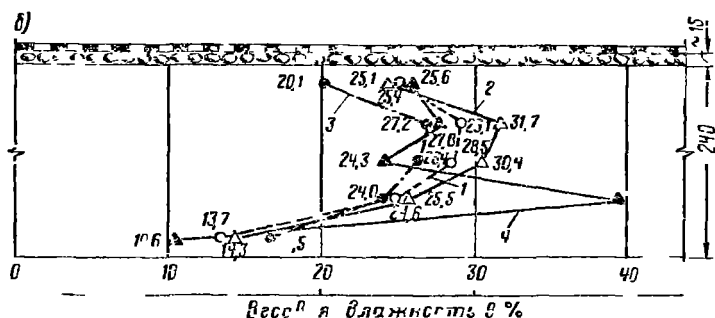
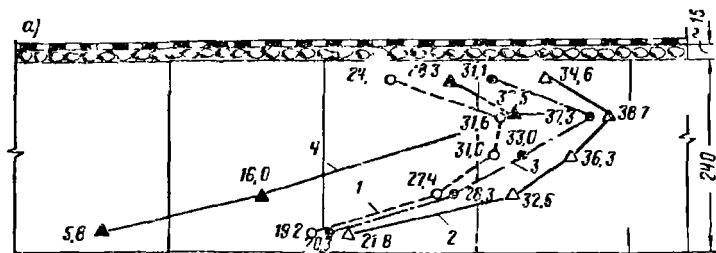


Рис. II.13. Влажность плит на II (с диффузионной гравийной прослойкой) участке покрытия

а — над стоярным отделением; б — над заливающим отделением; 1 — осенью 1964 г.; 2 — весной 1965 г.; 3 — осенью 1965 г.; 4 — весной 1966 г.

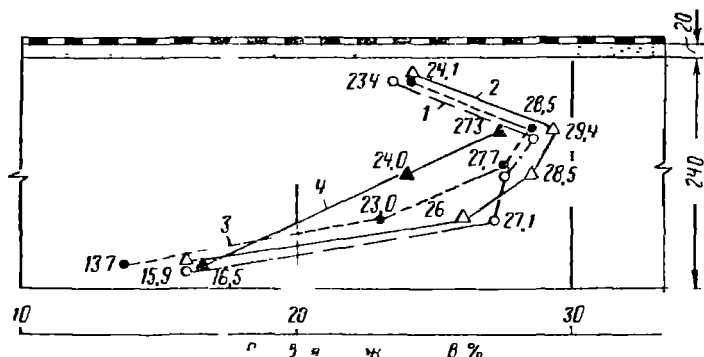


Рис. II.14. Влажность плит на V (сравнительном) участке опытного покрытия над заливающим отделением

1 — осенью 1964 г.; 2 — весной 1965 г.; 3 — осенью 1965 г.; 4 — весной 1966 г.

над заливочным цехом — на 1,4%. Летом плиты высыхали. Их влажность по сравнению с начальной снизилась в среднем на 7,2% при максимальном значении оставшейся влажности 15,3%. Это показывает, что прослойки, образуемые волнистыми асбестоцементными листами, обладают относительно высокой осушающей способностью и по эффективности идут за покрытиями со сплошной воздушной прослойкой.

Над столярным отделением на I участке опытного покрытия с круглыми отверстиями в плитах (см. рис. II.12) плиты имели меньшую влажность (23,8%), чем над заливочным отделением (33,6%), что по-видимому, связано с более эффективной осушающей способностью наружного воздуха, поступающего в отверстия плит, на участках покрытий, которые примыкают к воздухозаборным отверстиям.

В зимний период эксплуатации в плитах покрытий происходило влагонакопление. Влажность увеличилась на 0,9% над столярным и на 1—5,2% над заливочным отделением при среднем значении влагонакопления 2,3%. Наибольшее влагонакопление выявлено в средней части покрытия.

Летом влажность плит заметно снизилась, особенно на части покрытия, примыкающего к воздухозаборным отверстиям по оси 1—1 (на 7,1%). В средней части покрытия над заливочным отделением влажность плит снизилась только на 2,8%, несмотря на относительно большую величину остаточной влажности — 38,8%.

Весной 1966 г. на этом участке влажность плит стала ниже, чем весной 1965 г., особенно на части покрытия, примыкающего к внутренней поверхности плит.

На II участке опытного покрытия с диффузионной прослойкой под водоизоляционным ковром из мелкого гравия (см. рис. II.13) начальная влажность газозолосиликатных плит над столярным и заливочным отделениями составила соответственно 26,7 и 22,8%. За период зимнего влагонакопления в месте отбора проб над столярным отделением она увеличилась на 6,1%, а над заливочным — на 2,6%.

Летом происходило удаление влаги из покрытия. Влажность плит над столярным отделением снизилась на 2,8%, а над заливочным — на 1,1%, однако за год эксплуатации влажность в плитах покрытий в среднем возросла соответственно на 3,3 и 1,5% по сравнению с начальной влажностью.

На этом участке покрытия за период с весны 1965 г. до весны 1966 г. над заливочным отделением влажность плит практически не снизилась, а над столярным (на расстоянии 3 м от каналов, соединяющих прослойку с наружным воздухом) влажность снизилась в среднем на 9,3%.

По-видимому, при относительно широких покрытиях диффузионные прослойки нельзя считать эффективными для удаления влаги из теплоизоляционных материалов. Их можно использовать в покрытиях небольшой ширины, например жилых зданий. Именно в таких покрытиях их применяют за рубежом.

На V (сравнительном) неветилируемом участке покрытия (см. рис II.14) начальная влажность плит составляла 23,3 и 25,6%; за зиму она увеличилась на 2—5%.

Летом заметного снижения влажности в плитах не произошло. Влажность плит после годовичного цикла эксплуатации увеличилась по сравнению с начальной на 0,35% при среднем значении оставшейся влаги в покрытиях 24,8%.

Полученные данные показывают, что влажность плит в покрытиях неветилируемого типа не снижается над помещениями с повышенной влажностью. Из практики применения таких плит в сельскохозяйственных зданиях с повышенной влажностью известны случаи, когда они относительно быстро приходили в аварийное состояние.

По данным отбора проб весной 1966 г. (10 мая) установлено некоторое снижение влажности в плитах на этом участке покрытия. По-видимому, это связано с переоборудованием в марте 1966 г. заливочного отделения под электросварочное с сухим влажностным режимом.

Повышенным влажностным состоянием характеризуются не только газозолосиликатные плиты, но также и плиты из других видов ячеистых и легких бетонов (пенобетона, пеносиликата, газобетона, перлитобетона и др.). Поэтому результаты приведенных исследований могут быть использованы для рассмотрения вопросов о применении комплексных плит покрытий также и из других материалов; в покрытиях вентилируемого типа материалы плит становятся менее теплопроводными и более долговечными.

Еще два важных вопроса получают положительное решение при применении покрытий вентилируемого типа:

а) снижение теплопоступлений через такие покрытия в помещения в южных районах;

б) снижение интенсивности подтаивания снега на кровлях и образования наледей на их карнизных участках.

Воздушные прослойки, особенно при потоке тепла сверху вниз, что характерно для случаев применения вентилируемых покрытий в южных районах, обладают относительно высокими значениями термического сопротивления (табл. II.3). Кроме того, снижению теплопоступлений в помещения способствуют и конвективный съем тепла с внутренней поверхности части покрытия над воздушной прослойкой воздухом, который может перемещаться по прослойке в результате ветрового и теплового напоров. Некоторые рекомендации по применению вентилируемых покрытий в южных районах приведены ниже.

Таблица II.3

Термические сопротивления воздушных прослоек

Толщина прослойки в мм	R м ² ·ч град/ккал	
	для горизонтальных и вертикальных при потоке тепла снизу вверх	для горизонтальных при потоке тепла сверху вниз
50	0,19	0,21
100	0,19	0,23
150 и более	0,19	0,24

Наблюдения показывают, что удаление наледей на карнизных участках кровель и ремонт кровель в этих местах приводят к относительно большим затратам. Чтобы снизить эти затраты в случаях применения кровель с наружным отводом воды, целесообразно использовать вентилируемые покрытия, снижающие интенсивность подтаивания снега на кровлях.

5. ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ ПОКРЫТИЙ

Температурные воздействия на покрытия являются нестационарными во времени. Особенно это проявляется в летний период, когда с учетом воздействия солнечной радиации колебания температур на наружной поверхности покрытий в течение суток могут дости-

гать 65–70. Такое повышение температуры на наружной поверхности покрытий создает нежелательные колебания температуры в помещениях. Покрытия в этих условиях должны обеспечить необходимые теплозащитные качества при расчете R_0 для зимних условий (по установившемуся стационарному воздействию отрицательных температур), а также обладать необходимой теплоустойчивостью.

Под теплоустойчивостью ограждающей конструкции понимают ее способность сохранять относительное постоянство температур на внутренней поверхности при изменении наружной температуры и колебаниях теплового потока, проходящего через конструкцию.

При определении теплоустойчивости покрытий за наружную температуру принимается условная температура $t_{\text{усл}}$ от воздействия температур наружного воздуха t_n и солнечной радиации Q в $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$. С учетом коэффициента поглощения солнечной радиации наружной поверхностью покрытия ρ и коэффициента ее теплоотдачи α_n значения $t_{\text{усл}}$ определяют по формуле

$$t_{\text{y, n}} = t_n + \frac{\rho Q}{\alpha_n}. \quad (\text{II.35})$$

Величина суммарной (падающей) солнечной радиации определяется при помощи пиранометра Янишевского в цепи с переносным гальванометром или потенциометром. Если приемник солнечной радиации затенен экраном, можно получить значение рассеянной солнечной радиации.

При подсчетах $t_{\text{усл}}$ значения Q можно принимать по нормам строительной климатологии [13].

Коэффициенты поглощения поверхностями солнечной радиации (альбедо) определяются альбедометром Былова—Янишевского и выражаются в процентах от радиации отраженной к радиации, падающей на поверхность.

Оценка теплоустойчивости ограждения к действию условных температур наружного воздуха $t_{\text{усл}}$ сводится к определению колебания температур на внутренней поверхности или к расчету величины затухания колебания условных температур в ограждении ν и определяется по формуле, предложенной А. М. Шкловером [24]:

$$\nu = 0,9 e^{\frac{D}{1,2}} \frac{(S_1 + \alpha_n)(S_2 + V_1) \dots (S_n + V_{n-1})(\alpha_n + V_n)}{(S_1 + V_1)(S_2 + V_2) \dots (S_n + V_n) \alpha_n}, \quad (\text{II.36})$$

где ν — число, показывающее, во сколько раз амплитуда колебаний температуры на внутренней поверхности меньше амплитуды колебания $t_{\text{усл}}$;

D — показатель тепловой инерции ограждения;

S — коэффициенты теплоусвоения материалов отдельных слоев;

V — то же, поверхности слоев, воспринимающих тепловую волну;

$\alpha_{\text{в}}$ и $\alpha_{\text{н}}$ — коэффициенты теплоперехода у внутренней и наружной поверхности;

e — 2,73 — основание натурального логарифма.

В формуле (II.12) нумерация слоев дается в направлении от внутренней поверхности ограждающей конструкции к наружной.

Нормам строительной теплотехники в зависимости от значений летних температур наружного воздуха установлены величины затухания ν в покрытиях зданий, предназначенных для размещения производств, требующих автоматического регулирования температур и влажности воздуха. Эти значения должны составлять: $\nu \geq 25$ при летних расчетных температурах от 25 до 29°; $\nu \geq 35$ при 30° и выше.

За летнюю расчетную температуру принимают среднюю температуру в 13 ч самого жаркого месяца.

Термическое сопротивление покрытий определяют методом подбора толщины теплоизоляции из условия обеспечения необходимого затухания ν колебания условных температур в покрытии. При этом необходимо значения R_0 уточнять экономическим расчетом ввиду того, что в зданиях с кондиционированием воздуха устанавливают относительно дорогое оборудование, требующее повышенных эксплуатационных затрат.

Теплоустойчивость покрытий повышают увеличением их теплоемкости и теплоизоляции, а также мероприятиями по снижению температур на поверхности покрытий в жаркое время дня.

Покрытия с высокой теплоемкостью (и, следовательно, с большим весом) в дневное время аккумулируют большое количество тепла, удерживают его, а в вечернее и ночное, более холодное время, отдают его в атмосферу (излучением и конвекцией) и частично в ограждаемые помещения. В этом случае основная нагрузка на холодильное оборудование будет приходиться на вечерние и ночные часы. Подсчитано [33], что в районах с летней

температурой выше 30°C для получения величин затухания колебания температур $\nu=35$ вес покрытий должен составлять $500\text{--}700\text{ кг/м}^2$. Покрытия такого веса мало пригодны для южных районов нашей страны, характеризующихся высокой степенью сейсмичности.

Эффективнее применять достаточно теплоизолированные покрытия, степень массивности D которых обеспечивается в результате применения теплоизоляционных материалов. В создании благоприятных режимов в производственных помещениях оказывает большое влияние проветривание помещения наружным воздухом в вечернее и ночное время.

Для снижения температур на поверхности покрытий могут применяться кровли, охлаждаемые водой (орошаемые или водонаполненные), покрытия, охлаждаемые воздухом (вентилируемого типа и со специальными затеняющими навесами [19]), и кровли, окрашенные в светлые тона.

В нашей стране построен ряд производственных зданий с водонаполненными кровлями; данные по определению теплотехнических качеств некоторых покрытий с такими кровлями рассмотрены в следующем разделе.

Многие зарубежные специалисты признают эффективными покрытия с прослойками для движения воздуха, поскольку при этом в значительной мере снижается передача тепла к поверхности той части покрытия, которая сообщается с помещениями. Установлено, что вентилируемые покрытия дают значительный эффект при постоянно дующих сильных ветрах. Здание в этом случае должно быть ориентировано так, чтобы вентиляционные каналы располагались параллельно направлению ветра. Необходимый воздухообмен создается разницей ветровых напоров у начала и конца каналов или воздушных прослоек.

Кровли нешироких зданий рекомендуется выполнять с уклоном в северную сторону. Солнечные лучи на такую поверхность падают более косо и тепловое действие их несколько ослаблено. Кроме того, некоторый уклон кровли создает более благоприятные условия для движения воздуха в вентилируемых прослойках под действием теплового напора.

Светлая окраска также способна снижать температуру. Степень снижения температуры находится в зависимости от коэффициента отражения (альбедо) мате-

Таблица II.4

Изменения температур наружного воздуха и на поверхности различных материалов в условиях Ашхабада

Место измерения температуры	Температура в °С		Суточная амплитуда в град	Осредненный суточный ход температуры в °С (в течение 10 дней) в часы							Альбедо в %		
	максимальная	минимальная		6	8	10	12	13	14	15		18	20
Метеобудка (наружный воздух)	39,6	19,9	19,7	25,5	28,3	31,2	33,8	34,7	34,6	34,9	33,3	30,1	—
Поверхность анодированного алюминия на асбестоцементном листе . .	47,2	18,7	28,5	21,7	23,1	32,4	38,2	41,1	41,5	41,5	39,3	33,1	90
Поверхность алюминиевой фольги на асбестоцементном листе	57,7	18,9	38,8	22,3	23,5	35	42,9	50,2	51,4	47,6	42,7	35,8	70
Поверхность асбестоцемента, окрашенного АЛ-177	63,2	19,3	43,9	22,3	23,9	36,2	46,8	51,5	52,5	51,9	45,8	37,3	—
Поверхность чистого алюминия на асбестоцементном листе	64	21	43	24,2	26	39,1	48,1	52	52,5	51,9	46,2	38	50
Поверхность асбестоцементного листа, покрытого полиэфирной смолой и краской АЛ-177	63,4	19	44,4	22,1	23,7	36,4	47,7	51,3	52	51,4	46,3	37,2	—
Поверхность серого асбестоцемента	64,8	17,8	47	20,9	23,2	36,8	45,9	53,6	53,9	53,5	42,6	35,2	40
Поверхность рубероида с красной полимерной посыпкой	71	18,1	52,9	21,5	24	36,8	51,4	54,2	56,5	56	46	34,6	32

риала. В этой связи представляют интерес исследования [34] температурных режимов материалов, которые могут применяться при устройстве покрытий (табл. II.4).

Из таблицы видно, что наиболее благоприятный температурный режим отмечался у анодированного алюминия и алюминиевой фольги. Эти же материалы обладают наибольшим альбедо.

При максимальном значении $t_n = 39,6^\circ\text{C}$ температура на поверхности черного битума достигла 78°C , т. е. на $14,8^\circ$ выше, чем на кровле, окрашенной краской АЛ-177, рекомендуемой некоторыми нормами для окраски рубероидных и мастичных кровель. Необходимо иметь в виду, что со временем в районах с промышленной атмосферой происходит снижение отражающей способности покрасочных составов и в то же время битумы приобретают темно-серый цвет. По исследованиям ЦНИИПромзданий за третий год разница температур битумной поверхности и поверхности, окрашенной краской АЛ-177, не превышала 6° . Эти данные свидетельствуют о необходимости периодического обновления покраски, если она предусматривалась в качестве мероприятия по снижению теплопоступления через покрытия.

6. ПОКРЫТИЯ С КРОВЛЯМИ, ОХЛАЖДАЕМЫМИ ВОДОЙ

Возможны два способа охлаждения кровель водой: водонаполнение (толщиной 25—100 мм) и орошение; оба они применимы к утепленным покрытиям и предназначены для снижения мощностей холодильных установок по кондиционированию воздуха в летнее время.

Кровли, заполненные водой, начали применять у нас с 1960 г. По сравнению с другими видами рулонных кровель, кровли, заполняемые водой, отличаются:

относительно горизонтальной поверхностью, без которой невозможна заливка их слоем воды сравнительно ровной толщины; определенная толщина слоя воды на кровле достигается установкой съемных переливных патрубков в водоприемные воронки;

повышенной гидроизолирующей способностью, которая выражается в применении материалов более высокого качества, а также в повышенном их расходе; конструкции таких кровель подробно описаны в III главе.

По существующим представлениям снижение теплопоступлений через покрытия с водонаполненными кровлями основано на охлаждении кровель при испарении воды. Испарение 1 л воды вызывает теплосъем ~ 580 ккал. Кроме того, вода обладает относительно высокой теплоемкостью ($C=1$ ккал/кг $^{\circ}$ C), и, следовательно

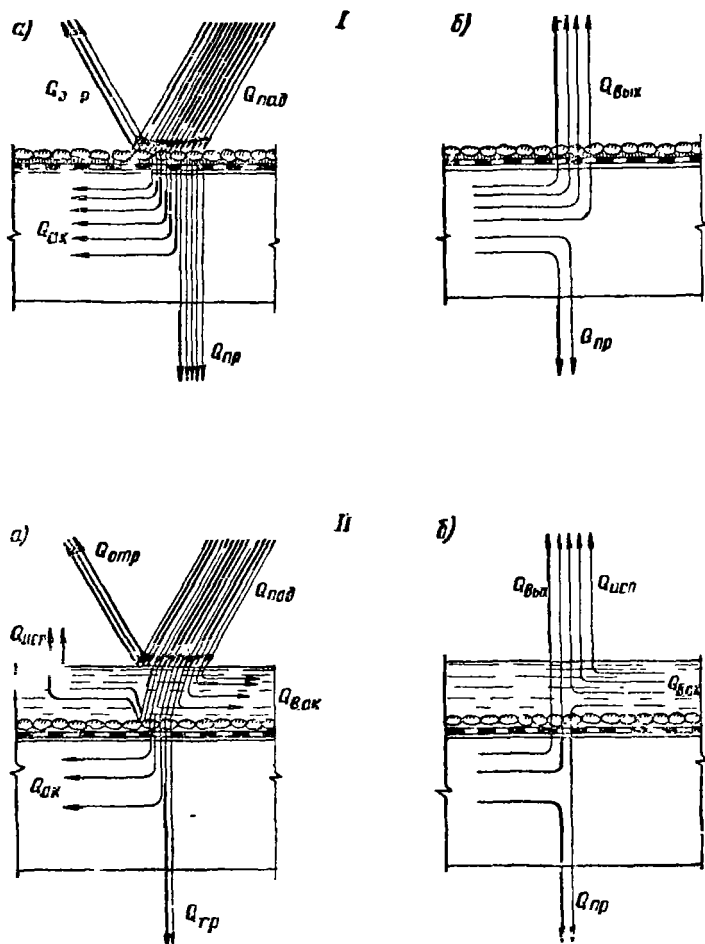


Рис. II.15. Схемы тепловых потоков, проходящих через покрытия

I — сухих кровлях; II — при водонаполненных кровлях; а — днем; б — ночью

но, с увеличением толщины слоя воды эффективность водонаполненных кровель должна повышаться.

Большая часть теплового потока падающей солнечной радиации проходит в слои покрытия сухих кровель, частично аккумулируется ими, а часть проходит в помещения (рис. II.15,а). Значения тепловых потоков, проходящих в слои покрытия водонаполненных кровель, уменьшаются на величину понижения теплоты при испарении воды $Q_{исп}$ и повышения теплосодержания воды $Q_{ак}$. Испарение воды способно увеличивать также и значения тепловых потоков, уходящих из покрытий в ночное время (рис. II.15,б).

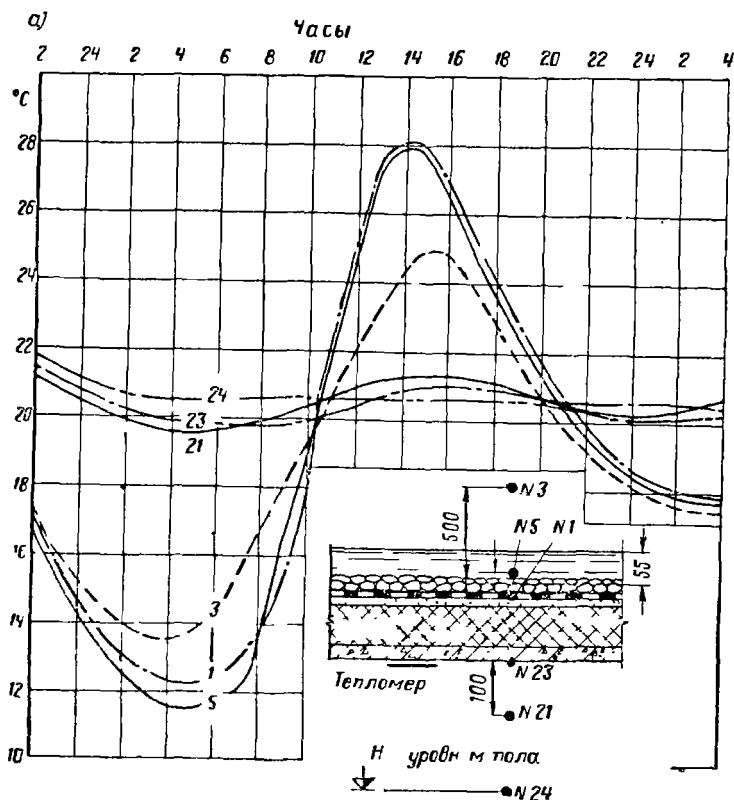
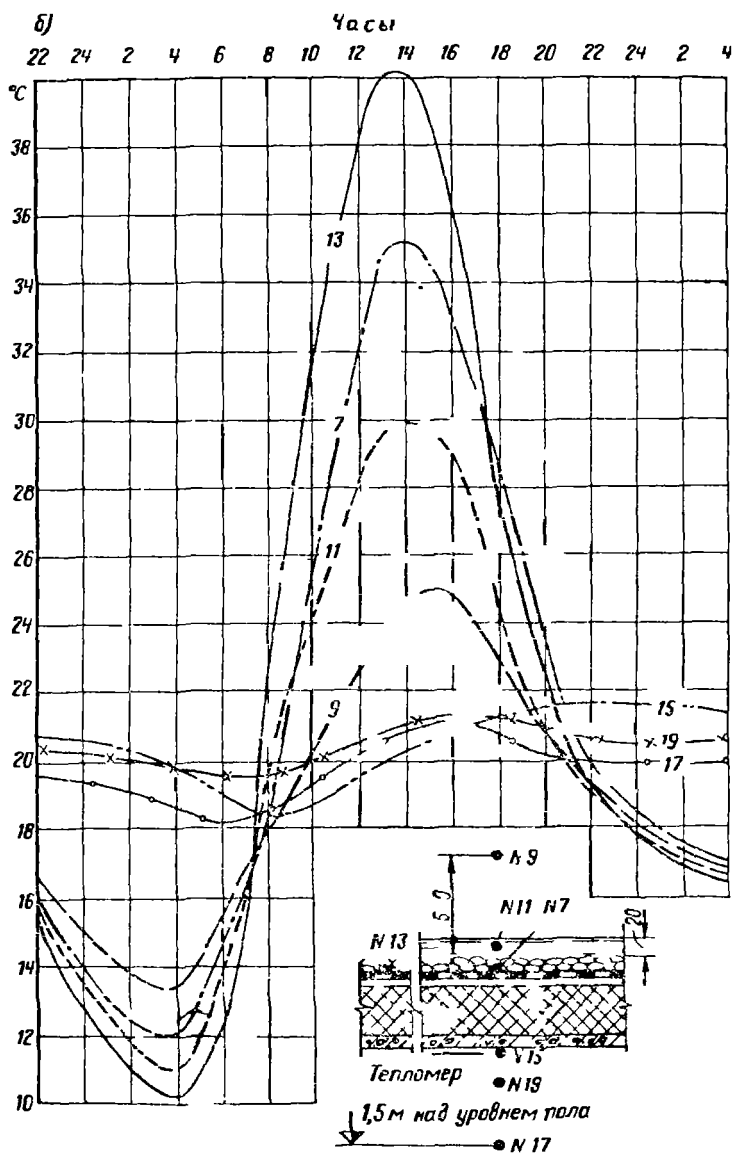


Рис. II.16. Графики изменения температурного режима покрытий производственного здания в Москве (8 августа 1962 г.)
а — при толщине слоя воды на кровле 55 мм; б — то же, 20 мм



Чтобы определить эксплуатационные характеристики покрытий с водонаполненными кровлями, ЦНИИПромзданий проведены натурные теплотехнические исследования в Москве, Ташкенте и Ахан-Гаране.

В зависимости от изменения наружных температур и падающей солнечной радиации круглосуточно измеряли температуры в слое воды, на поверхностях покрытий, воздуха под покрытием и в рабочей зоне. Кроме того, определяли величину тепловых потоков, проходящих через покрытия.

На рис. II.16—II.18 приведены графики, характеризующие теплотехнические показатели участков покрытий со слоями воды 20 и 55 мм в один из летних дней 1962 г. в Москве при воздействии солнечной радиации до $620 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$ и с максимальной температурой наружного воздуха 25°C . Эта температура в 13 ч самого

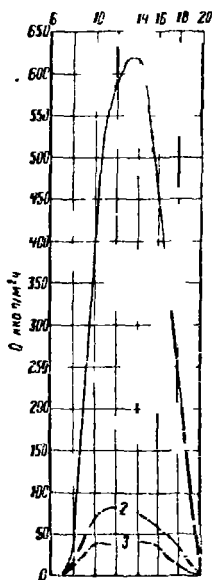


Рис. II.17. Графики изменения солнечной радиации (8 августа 1962 г.)

1 — суммарной (падающей);
2 — отраженной от сухой поверхности кровли; 3 — отраженной от воды

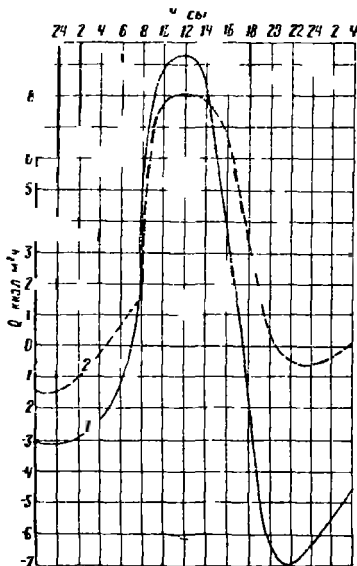


Рис. II.18. Графики изменения тепловых потоков, проходящих через покрытия с водонаполненными кровлями

1 — при слое воды 20 мм; 2 — то же, 55 мм

жаркого месяца была на $3,4^{\circ}$ выше средней и соответствовала нижнему предельному значению температур, при котором должны производиться расчеты на теплоустойчивость покрытий [12].

Ограждающая часть исследуемых покрытий состояла из несущих ребристых железобетонных плит с толщиной полок 30 мм, теплоизоляционных керамзитобетонных плит $\gamma = 500 \div 550 \text{ кг/м}^3$ толщиной 120 мм, выравнивающей стяжки из асфальтобетона толщиной 20—25 мм, водонизоляционного ковра из четырех слоев гидроизола на битуме и двухслойного защитного слоя из гравия фракцией 5—15 мм, втопленного в дегтевую кровельную мастику.

В этот день гравий защитного слоя обладал несколько большей величиной альбедо (см. рис. II.17), чем поверхность воды. По измерениям других дней разница в альбедо поверхности воды и гравийного защитного слоя была меньше и в технических расчетах альбедо для них может приниматься в пределах 8—10% солнечной радиации, падающей на покрытие.

Тепловые потоки, проходящие через покрытия в дневное и ночное время (см. рис. II.18), имеют большие значения на участках с меньшим слоем воды. Это объясняется уменьшением тепловой инерции покрытий при уменьшении слоя воды на кровлях. Анализируя тенденцию изменения тепловых потоков, нетрудно установить, что в помещения они поступают только в вечернее и ночное время. Их значения максимальны от 22 до 24 ч с отставанием от воздействия максимальных значений падающей солнечной радиации на 10—11 ч. Максимальные значения тепловых потоков, выходящих наружу, отмечались от 12 до 14 ч. Абсолютные значения тепловых потоков, выходящих из помещений, были больше входящих. Величины тепловых потоков через покрытия зависят от температуры на наружной поверхности покрытия.

Из табл. II.5 видно, что среднесуточная температура на поверхности кровель, находящихся под водой, значительно меньше, чем на сухом участке кровли.

Поверхность кровли под слоем воды толщиной 20 мм быстрее прогревалась и днем имела более высокую температуру; ночью тонкий слой воды охлаждался быстрее, и поверхность кровли под ним имела более низкую температуру, чем под слоем воды толщиной 55 мм.

Температура, измеренная 8 августа 1962 г. на поверхностях кровель

Расположение точки измерения	Температура в °С			Амплитуда колебания температур в град
	среднесуточная	максимальная	минимальная	
Под слоем воды $\delta = 55$ мм	19,6	28	12,2	15,8
То же, $\delta = 20$ мм	22,7	35	11	24
На участке без воды	24,3	40,3	10,3	30

Примечание. Накануне в первой половине дня был дождь.

Температура поверхности кровли под слоем воды 55 мм превышала максимальную температуру наружного воздуха на 3°, а под слоем воды 20 мм — на 10°, что свидетельствует о недостаточной эффективности такого слоя.

Сравнивая температуры воды и поверхности водонаполненных кровель (см. рис. II.16), можно установить, что утром вода имела более низкую температуру, чем поверхность кровли. Это соответствует действительным процессам переноса тепла из помещений через покрытия.

Вследствие некоторой теплопрозрачности воды днем поверхность кровель нагревается несколько больше, чем вода, однако разница эта незначительна (по нашим измерениям она находится в пределах 1°) и в технических расчетах ее можно не учитывать.

Необходимо отметить, что в помещениях с исследуемыми покрытиями регулярно работали кондиционеры с сосредоточенной подачей охлажденного воздуха. Поэтому изменения температуры на поверхности кровель вызывали сравнительно небольшие колебания температур на внутренней поверхности покрытий и воздуха в помещениях. Температура внутри помещения достигла максимального значения примерно через 4—5 ч после наступления температурных максимумов на поверхности кровель (см. рис. II.16).

Колебания температуры в помещениях, где кровля заливалась меньшим слоем воды, были несколько большими, чем в помещениях с большим слоем воды. За исследуемые периоды максимальное значение колебаний

температуры внутреннего воздуха в течение суток не превышало 3°. В производственном цехе температура воздуха находилась в пределах 20—23°C, а в конторских помещениях — 18—22°C.

Характерно, что эти помещения находились в середине производственного здания и на формирование в них микроклимата могли оказывать влияние средства кондиционирования и теплообменные процессы исследуемого покрытия.

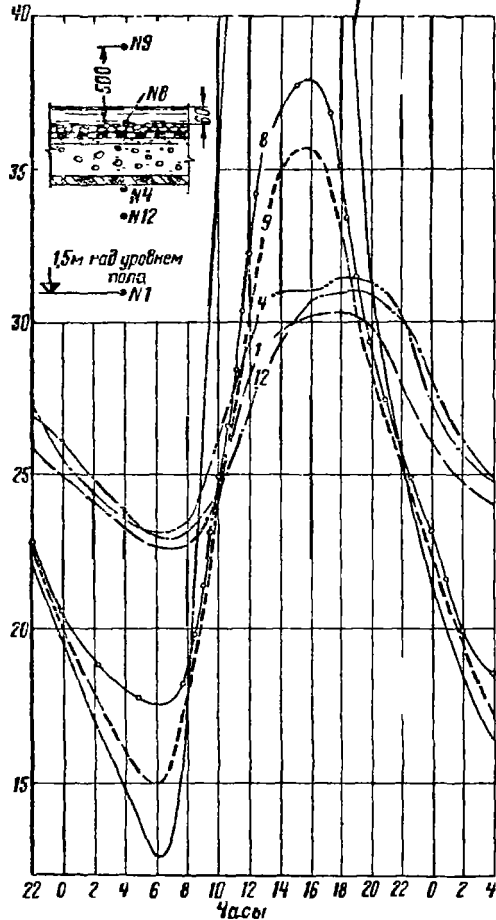
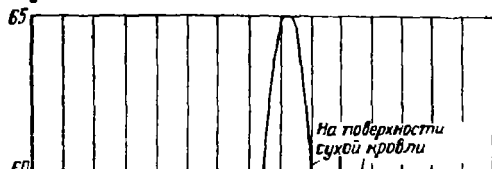
Чтобы выявить эффект охлаждения кровель в южных районах, исследованы теплотехнические качества покрытий производственных зданий в Ташкенте и Ахан-Гаране. Ограждающая часть этих покрытий была одинаковой и включала в себя несущие железобетонные плиты типа ТТ с толщиной полок 40 мм, теплоизоляцию из пенобетона $\gamma=400 \text{ кг/м}^3$ толщиной 100 мм, выравнивающую стяжку из цементно-песчаного раствора толщиной 15 мм, водоизоляционный ковер из четырех слоев толь-кожи на битумных мастиках и двух защитных слоев из гравия, втопленного в битумную кровельную мастику, антисептированную против прорастания растений на кровлях.

Во время исследований на покрытия в Ташкенте поддерживали слой воды 60 мм, а в Ахан-Гаране — 110 мм. На рис. II.19 приведены данные, характеризующие теплотехнические качества исследуемых покрытий и микроклимат в помещениях при сложившихся внешних тепловых воздействиях (рис. II.20). В период испытаний максимальные температуры: в Ташкенте 34,9°C (на 1,6° выше расчетной для летнего периода), в Ахан-Гаране 37,3°C (на 4° выше расчетной).

Необходимо отметить, что в каждом пролете торцовой стены исследуемых цехов были проемы для ворот, которые по технологическим условиям в течение некоторой части дневного времени не закрывались, и это оказывало некоторое влияние на формирование микроклимата в помещениях. При этих условиях тепловые потоки через покрытия имели значения, приведенные на рис. II.21. Днем они были направлены в помещения и только ночью, когда наружная поверхность покрытия охлаждалась наиболее сильно, тепловые потоки были направлены из помещения.

Из графиков распределения температуры на поверхности кровель (см. рис. II.19) нетрудно установить высокую степень эффективности охлаждения кровель во-

$\eta, ^\circ\text{C}$



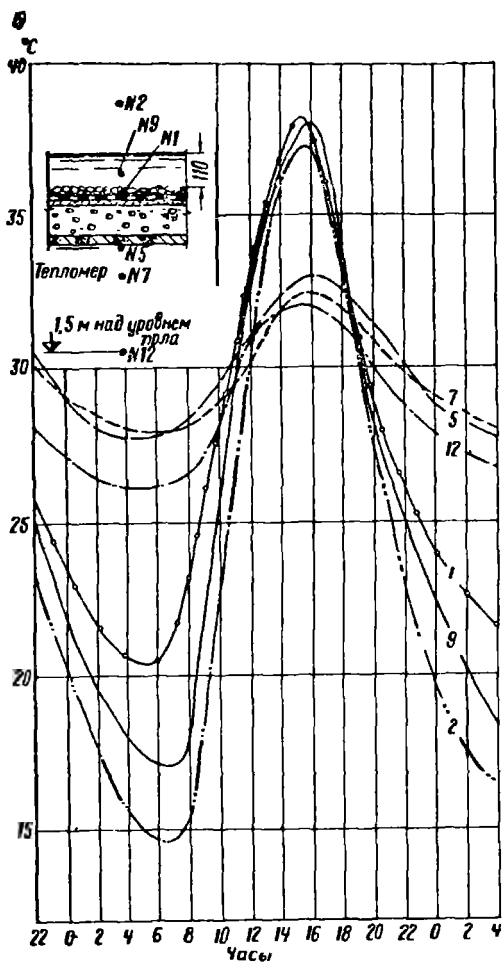


Рис. II.19. Графики изменения температурного режима покрытий производственных зданий

а — при слое воды на кровле 60 мм в Ташкенте (13 августа 1965 г.). б — то же, 110 мм в Ахэн-Гаране (17 августа 1965 г.)

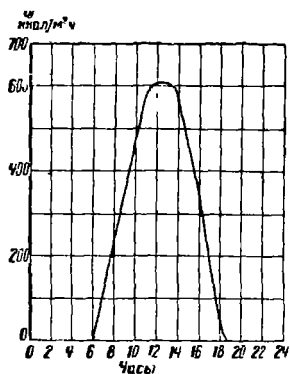
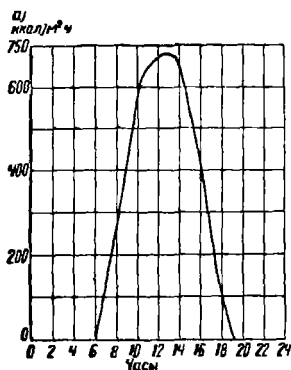


Рис. II.20. Графики изменения суммарной солнечной радиации, действовавшей на покрытия
а — в Ташкенте; б — в Ахан-Гарате

дой. По сравнению с участком кровли без воды, на котором температура достигла 65°, на поверхности кровли под слоем воды 60 мм температура поднималась только до 38°C.

Для параметров, определяющих теплоступления через покрытия, интересны данные по определению температур на поверхностях кровель под слоем воды по сравнению с температурой наружного воздуха, которые для расчетов могут быть получены по данным метеослужбы.

В условиях Ташкента под слоем воды 60 мм максимальная температура на поверхности кровли была на 3,2° выше температуры наружного воздуха. В Ахан-Гарате температура кровли под слоем воды 110 мм на 1° выше температуры наружного воздуха. В условиях Москвы эти температуры под слоем воды 55 и 20 мм были выше температур наружного воздуха соответственно на 3 и 11°.

О. А. Мадатова [35] на основании исследований в Ростове-на-Дону установила, что на поверхности кровель под слоем воды 50 и 100 мм максимальная температура была в 15 ч на 2° выше максимальной температуры наружного воздуха (32°).

В рекомендациях по расчету поступлений тепла через непрозрачные ограждения при периодических колебаниях температур и тепловых потоков [19] учитывается,

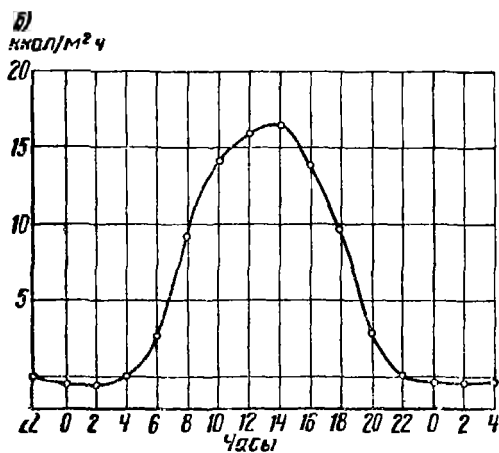
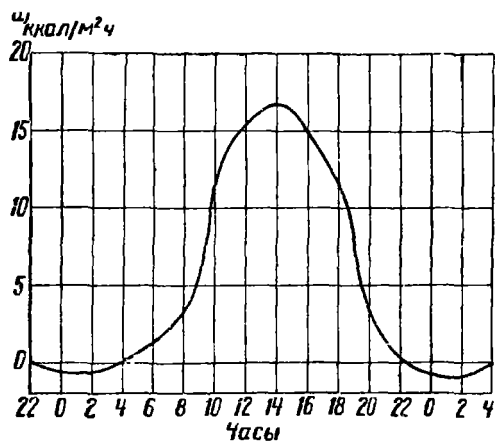


Рис. II.21. Графики изменения тепловых потоков, проходящих через покрытия с водонаполненными ровлями

а — при слое воды 60 мм в Ташкенте; б — то же, 110 мм в Алан Гарате

что кровли под слоем воды имеют более высокие температуры, чем наружный воздух, и в расчетах теплопоступлений надо прибавлять к ним эквивалентные разности температур. Предусматривается, что под слоем воды 25 мм на кровле легкого покрытия (с применением 25-мм дощатого настила и 50-мм изоляции) максимальная температура в 14 ч будет на 12,2° выше температуры наружного воздуха. При тех же условиях, но на кровле тяжелого покрытия (с применением 150-мм бетона и 50-мм изоляции) максимальная температура в 17 ч будет на 5,6° выше температуры наружного воздуха.

Сравнение эффективности применения различных способов по снижению теплопоступлений через покрытия Т. С. Роджерс [19] рекомендует производить по значениям максимальных ЭРТ на поверхности покрытий (табл. II.6).

Таблица II.6

Максимальные ЭРТ

Покрытия на солнце	Солнечное время в ч	ЭРТ
Легкие (2,5 см дерева со слоем теплоизоляции 2,5-5 см)	14	34
Средние (10 см бетона и 5 см теплоизоляции)	16	29
Тяжелые (15 см бетона и 5 см теплоизоляции)	16	24
Водоналивные покрытия:		
легкие + 2,5 см воды	14	12
тяжелые + 2,5 » »	18	9
любые + 15 » »	17	6
Орошаемые покрытия:		
легкие	14	10
тяжелые	18	8
Покрытия в тени:		
легкие	16	8
средние	17	7
тяжелые	19	6

Из сравнения видно, что орошением кровель можно несколько снизить максимальную температуру.

Более низкое охлаждение орошаемых кровель происходит в результате интенсивного испарения пленочного слоя воды; при этом по сравнению с кровлями, охлаждаемыми слоем воды в 25 мм, теплопоступления через орошаемые кровли могут быть снижены примерно в два раза.

Орошаемые кровли могут быть плоскими и скатными. Для орошения плоских кровель должны применяться сплинкерные разбрызгивающие устройства, и на их изготовление, а также обслуживание требуются относительно высокие затраты.

Скатные кровли орошают более простым способом — через перфорированные трубы, укладываемые по коньку кровель. ЦНИИПромзданий разработал схему орошения кровель по такому способу и провел натурные исследования по определению эффективности ее применения на участке шедового покрытия ткацкой фабрики в Ташкенте.

Опытная оросительная система включала в себя водемер, соленоидный запорный клапан, заблокированный с автоматическим регулятором температур и перфорированную трубку. Во время исследований измеряли температуры на поверхностях покрытий сухой и орошаемой кровель и температуру наружного воздуха. Максимальные значения температур, измеренные на участках покрытий с сухой и орошаемой кровлями (табл. II.7), свидетельствуют о высокой эффективности орошения в качестве мероприятия по снижению теплопоступлений через покрытия со скатными кровлями.

Таблица II.7

Максимальные значения температур (в °С) во время исследования эффективности орошения

Наружного воздуха	Из сухой кровли	Из орошаемой кровли
32,2	74,5	28,5
32	77	30,5
30,9	76	31

В заключение необходимо отметить, что при выборе того или иного способа снижения теплопоступлений в помещения через покрытия (увеличения толщины теплоизоляции, сквозной вентиляции покрытий, охлаждения кровель водой и т. д.) необходимо производить технико-экономические сопоставления.

При определении затрат на подготовку и перекачивание воды на кровлю следует иметь в виду, что в районах с нормальной влажностью испарение с 1 м² водонаполненной кровли составляет в среднем 6—7 л в сутки; в сухих районах оно равно в среднем 8—9 л, а в особен-

но сухих условиях Среднеазиатских республик — 10—11 л.

Если вода на участках кровель не заменяется, то она быстро зеленеет, в ней возможно развитие растительности и микроорганизмов. В связи с этим необходимо предусматривать устройство трубопроводов для подачи воды на кровлю в нескольких местах (по периметру отдельных, заполняемых водой карт), а также небольшой слив воды через переливные патрубки. Это ведет к необходимости обслуживания трубопроводов.

Кроме того, необходимо учитывать повышенные расходы по содержанию плоских кровель (по сравнению со скатными), поскольку на таких кровлях в пониженных местах микрорельефа отлагается ил.

Поскольку теплозащитные качества покрытий отапливаемых зданий определяются прежде всего исходя из зимних условий эксплуатации, может оказаться полезным увеличение толщины теплоизоляции (или применения более эффективного теплоизоляционного материала) не только для летних условий, но и для снижения эксплуатационных затрат на отопление зданий.

7. РАБОТЫ ПО УСТРОЙСТВУ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

В конструкциях покрытий отапливаемых промышленных зданий необходимые теплозащитные качества обеспечиваются применением теплоизоляционных или конструктивно-теплоизоляционных материалов, которые совмещают теплоизоляционные и несущие функции.

Теплоизоляционные материалы, применяемые в покрытиях с несущими железобетонными или легкобетонными плитами, можно подразделить на плитные, засыпные и укладываемые монолитным способом с применением цементных или гипсовых вяжущих. Основные физико-технические характеристики некоторых материалов, применяемых для теплоизоляции покрытий, приведены в табл. II.8.

Наиболее широко применяются плитные материалы из ячеистых бетонов неавтоклавного твердения и бетоны с легкими заполнителями. Во многих случаях это объясняется доступностью исходных материалов и относительной простотой изготовления таких плит, которая

дает возможность выпускать их даже силами строительных организаций. В плане такие плиты имеют размер до $0,5 \times 1$ м, а по толщине от 60 до 120 мм.

Таблица II.8

Теплофизические показатели материалов для теплоизоляции покрытий

Материал	Средний объемный вес в кг/м³	Расчетные коэффициенты					
		теплопроводности в ккал/м·ч· град		теплоусвоения в ккал/м²·ч град		удельной теплоемкости в ккал/кг· град	паропроницаемости в г/м·ч· мм т.ст.
		при условиях эксплуатации					
		А	Б	А	Б		
Ячеистые бетоны (газобетоны, пенобетоны и др.)	400	0,11	0,12	1,51	1,58	0,2	0,03
То же	500	0,14	0,15	1,88	1,96	0,2	0,026
Керамзитобетон . . .	400	0,12	0,15	1,58	1,75	0,2	0,045
»	500	0,14	0,18	1,92	2,12	0,2	0,04
Перлитобетон	400	0,11	0,14	1,50	1,70	0,2	0,05
»	600	0,12	0,15	1,93	2,16	0,2	0,04
Фибролит цементный .	300	0,09	0,12	1,87	2,12	0,6	0,04
Древесноволокнистые плиты	200	0,05	0,06	1,25	1,37	0,6	0,032
Пенополистирол . . .	25—35	0,04	0,04	0,33	0,33	0,35	0,008
Газостекло и пено- стекло	300	0,09	0,1	1,18	1,25	0,2	0,003
То же	400	0,1	0,12	1,44	1,58	0,2	0,003
Плиты минераловатные на битумной связке . . .	400	0,08	0,1	1,23	1,37	0,18	0,045
Пеногипс и газогипс .	500	0,11	0,16	1,69	2,05	0,2	0,05
Керамзит	300	0,11	0,13	1,31	1,42	0,2	0,05
»	500	0,15	0,18	1,97	2,16	0,2	0,04
Пемза или туф	400	0,12	0,15	1,94	2,15	0,2	0,035
То же	600	0,15	0,2	2,65	3,05	0,2	0,05
Перлит вспученный . .	250	0,05	0,08	0,81	1,02	0,2	0,03
Вермикулит вспученный	300	0,09	0,12	1,18	1,37	0,2	0,03

На некоторых стройках Сибири, Урала и севера европейской части страны применяют фибролитовые плиты, изготавливаемые из портландского цемента, древесной стружки (древесной шерсти), хлористого кальция и жидкого стекла. Такие плиты выпускаются длиной до 2,4 м, шириной до 1,15 м и толщиной 50—75 мм. Предполагается освоение выпуска плит толщиной 100 мм.

Древесноволокнистые плиты находят применение в основном на предприятиях целлюлозно-бумажной про-

мышленности. Эти плиты по своим капиллярам хорошо передают влагу и обладают высокой влагоемкостью. При замачивании в покрытие даже одной плиты происходит увлажнение древесноволокнистых плит на больших площадях; увлажненные плиты способны изменяться в объеме и гнить. Антисептирование древесноволокнистых плит в построечных условиях является весьма трудоемким процессом, вызывает увлажнение и снижение прочности плит. В процессе укладки в покрытие такие плиты невозможно склеивать между собой горячими битумами.

Известно немало случаев замены древесноволокнистых плит на другие, более долговечные материалы или на новые древесноволокнистые плиты. В связи с этим нормы проектирования ограждающих конструкций [36] ограничивают применения в покрытиях органических утеплителей условиями, при которых может обеспечиваться проветривание и высыхание их в процессе эксплуатации. Практически такие условия могут быть в покрытиях вентилируемого типа и в открытых конструкциях.

В последнее время строительные организации стали применять для теплоизоляции покрытий пенополистирольные плиты беспрессового производства марки ПСБ. Для этого цели применяют плиты $\gamma = 20-25 \text{ кг/м}^3$ (с прочностью $0,5-1 \text{ кг/см}^2$ при 10%-ном сжатии), которые укладывают на горячий битум, наносимый на поверхность железобетонных плит. Затем по ним делают стяжку из цементно-песчаного раствора, которая служит основанием под кровлю.

В ряде случаев оказывается рациональным применение более прочных плит, при которых отпадает необходимость в устройстве выравнивающих стяжек под кровлю.

Пенополистирольные плиты с объемным весом 35—40 кг/м^3 обладают достаточной прочностью ($\sim 1,5-2 \text{ кг/см}^2$ при 10%-ном сжатии) для устройства кровель непосредственно по плитам. Пенополистирольные плиты обладают высокими теплоизоляционными качествами и по стоимости на единицу термического сопротивления в ограждающих конструкциях они вполне конкурентоспособны с такими материалами, как ячеистые бетоны, фибролит и др. Кроме того, пенополистирольные плиты почти не поглощают воду и могут применяться при устройстве покрытий практически в любую погоду.

При добавке антипиренов получают самозатухающие полистирольные плиты марки ПСБ С, которые не поддерживают горения. По нормам противопожарных требований они относятся к трудновозгораемым материалам.

Недостатком полистирольных плит является их невысокая теплостойкость. Исследования по подбору составов кровельных мастик для наклейки рулонных материалов по пенополистирольным плитам показали, что в тех случаях, когда наносят мастики с температурой, превышающей 120 С, на поверхности плит, соприкасающейся с горячей мастикой, появляются местные оплавления на глубину от 1 до 5 мм.

В этой связи представляет интерес разработанная в ЧССР заводская технология наклейки на полистирольные плиты рулонного кровельного материала. Известно также, что в ФРГ широко применяют для теплоизоляции покрытий плиты пенополистирола, оклеенные с одной или с двух сторон рулонным материалом.

Суть технологии заключается в нанесении на рулонный материал слоя битума с температурой ~120 С и в укладке на него полистирольных плит (рис. П.22). За

время до укладки плит битум успевает остыть до 100°С и в этом случае происходит достаточно надежное склеивание поверхности рулонного кровельного материала с полистирольной плитой. Предварительная наклейка на плиты рулонного материала с полистирольной плитой несложна и может быть организована не только в заводских условиях, но и в специальных цехах на строительных площадках. Полистирольные

плиты с наклеенным слоем рулонного материала выдерживают значительно большую штампую нагрузку, чем обычные плиты, и в значительно меньшей степени подвержены повреждению при устройстве кровель.

По сравнению с другими вспененными пластмассами

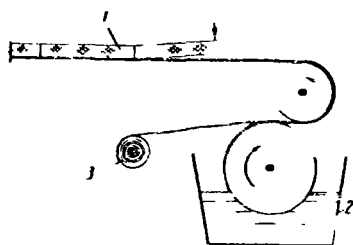


Рис. П.22. Схема склеивания полистирольных плит с рулонным кровельным материалом
1 — плиты; 2 — битум с температурой 110–120°С; 3 — рулонный материал

полистирольные пенопласты более доступны и их производство с каждым годом растет. Изготавливают пенополистирольные плиты по относительно простой технологии путем вспенивания в формах гранул подвспененного полистирола (бисера) методом теплового удара острым паром или токами высокой частоты. Плиты имеют длину до 3 м, ширину до 1,8 м и толщину до 10 см.

Плиты из газо- и пеностекла обладают высокими теплоизоляционными качествами, малым водопоглощением и другими положительными свойствами; однако сложность их изготовления предопределяет высокую стоимость таких плит (примерно в 2,5 раза выше, чем плит из ячеистых бетонов) и относительно небольшой объем производства.

Жесткие минераловатные плиты на битумной связке с $\gamma = 400 \text{ кг/м}^3$ применяют в основном для теплоизоляции покрытий холодильников. Необходимо отметить, что опыт применения в покрытиях минераловатных плит с меньшей плотностью во многих случаях оказался неудачным. Под воздействием постоянных и временных нагрузок такие плиты сильно обжимаются и теряют свои теплоизоляционные качества.

При теплоизоляции покрытий основное внимание должно уделяться предупреждению возможного увлажнения теплоизоляционных материалов. Опасность увлажнения материалов существует почти всегда и особенно возрастает на малоуклонных и плоских покрытиях, имеющих пароизоляцию. Осадки могут увлажнять материалы таких покрытий не только сверху, но и снизу. Поэтому на применении в покрытиях теплоизоляционных засыпок и монолитных теплоизоляционных бетонов остановимся после рассмотрения общих правил, выполнение которых может способствовать повышению качества теплоизоляционных работ.

1. При транспортировании и хранении на строительной площадке теплоизоляционные материалы необходимо защищать от увлажнения.

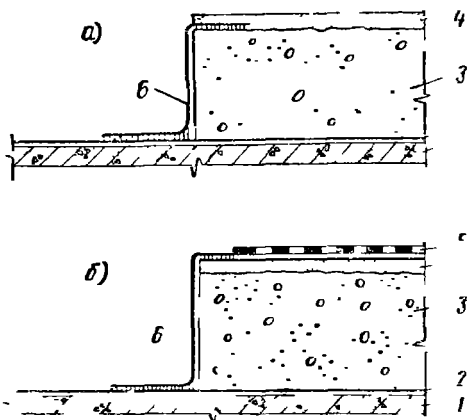
2. Теплоизоляционные работы не должны намного опережать устройство стяжек и кровель; эти работы должны совмещаться и заканчиваться на отдельных участках (захватках) в течение рабочей смены. К концу каждой смены на участках покрытий с уложенным утеплителем должны быть также выполнены работы по устройству кровли или основания под кровлю, способно-

го предохранять теплоизоляционные материалы от атмосферных осадков.

3. Чтобы утеплитель не промокал снизу, участки с теплоизоляцией надо оклеивать по торцам полотнищами рулонных материалов; при этом нижний конец полотнищ должен склеиваться с пароизоляцией или несущей плитой, а верхний — заходить на утеплитель (рис. II.23).

Рис. II.23. Приемы временной гидроизоляции теплоизоляционного слоя во время перерыва в работе

а — во время устройства выравнивающей стяжки; б — при наклеивке слоев водоизоляционного ковра; 1 — несущая плита; 2 — пароизоляционный слой; 3 — слой теплоизоляции; 4 — выравнивающая стяжка; 5 — водоизоляционный ковер; 6 — фартук из полотнищ рулонных материалов, склеенных между собой, с пароизоляцией и плитами (или выравнивающей стяжкой)



По длине полотнища должны иметь нахлестку 75—100 мм. В тех случаях когда по основанию под кровлю удастся выполнить наклеивку рулонных материалов (например, по асфальтовой выравнивающей стяжке), нижний конец водоизоляционного ковра необходимо склеить с пароизоляцией или с плитой; при возобновлении работ этот конец срезают, чтобы обеспечить возможность выравнивания упругости водяных паров в утеплителе на отдельных захватках покрытия.

Недопустимы случаи, когда теплоизоляционные материалы укладывают на больших площадях со значительным опережением работ по устройству кровли. В этих случаях теплоизоляционные материалы могут увлажняться и ухудшать свои физико-технические качества. Это может вызывать дефекты в рулонных кровлях в первые же годы эксплуатации.

При воздействии солнечной радиации на покрытия обычно увеличивается давление влажного воздуха в замкнутом пространстве, которое может вызвать появление вздутий водоизоляционного ковра в результате

отрыва его от основания, а также расслоения рулонных материалов в отдельных полотнищах.

Теплоизоляционные материалы следует начинать укладывать с повышенных участков, оберегая их от повреждений. Швы между плитными материалами заполняют мелкой крошкой из того же материала или другого, аналогичного по своим теплотехническим показателям.

Кроме мероприятий по предохранению теплоизоляционных материалов от увлажнения, при укладке плитного утеплителя необходимо применять целесообразные способы получения относительно ровной поверхности теплоизоляции. Это необходимо для того, чтобы по теплоизоляции можно было выполнять выравнивающую стяжку под кровлю без больших затрат материалов и без опасения, что нагрузки от такого основания будут превышать допускаемые.

При существующей системе допусков на изготовление и монтаж железобетонных плит, балок (или ферм) и колонн поверхности смонтированных плит в некоторых неблагоприятных случаях могут иметь неровности до 35 мм. Если по таким поверхностям укладывать теплоизоляционные плиты одинаковой толщины, то для получения ровного основания, особенно под плоские кровли, необходимо делать выравнивающие стяжки относительно большой толщины, что экономически не выгодно.

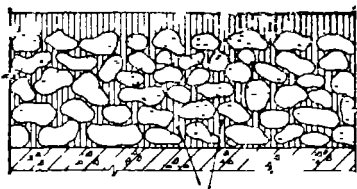
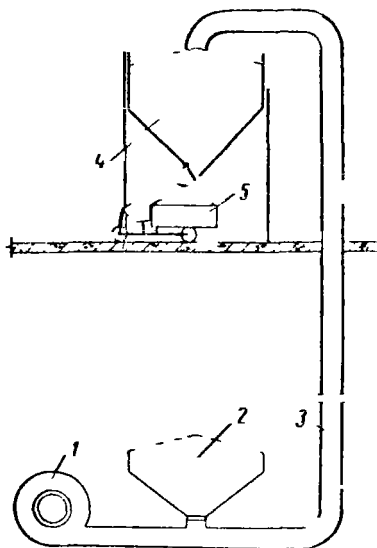
Чтобы выравнивать поверхности плитного теплоизоляционного материала в пониженных местах несущего основания, укладку плит следует производить по слою гранулированного шлака, дробленого керамзита, перлитового песка или других легких засыпок. При такой укладке плитных материалов можно получать поверхности утеплителя, пригодные для устройства основания под кровлю толщиной 15 мм.

Нормы по проектированию кровель [37] ограничивают применение засыпных утеплителей для теплоизоляции покрытий из-за того, что работы по укладке таких утеплителей и устройству по ним выравнивающей стяжки являются весьма трудоемкими и не поддаются должному контролю. Однако в ряде случаев теплоизоляционные засыпки являются дешевым местным материалом и их применение может оказаться целесообразным. Чтобы повысить эффективность засыпных теплоизоляционных материалов, строители часто применяют высокопроизво-

чительные установки по доставке сыпучих материалов на покрытие при помощи воздуха (рис. П.24). Установка по подаче керамзитового гравия на покрытие включает вентилятор среднего давления, металлические трубы, питатель и расходный бункер, установленный на покрытии. Из расходного бункера керамзитовый гравий подается в емкости на колесном ходу, к местам укладки его перевозят мотороллерами.

Чтобы теплоизоляционный слой был определенной толщины, необходимо по изолируемой площади устано-

вить через 2—3 м маяки (марки) из теплоизоляционных материалов. Марки определяют по данным нивелировки с учетом требуемой толщины теплоизоляционной засыпки. Верх засыпного утеплителя должен соответствовать отметке верха марок, что проверяет-



Пластичный раствор

Рис. П.24. Установка для подачи керамзита на покрытие

1 — вентилятор; 2 — загрузочный бункер с дозатором-питателем; 3 — транспортный трубопровод; 4 — приемный бункер; 5 — мотороллер с опрокидывающимся кузовом

Рис. П.25. Цементно-песчаный раствор, проникающий между гранулами засыпного утеплителя, снижает его теплозащитные свойства и увеличивает вес теплоизоляции

ся контрольной рейкой, укладываемой по маркам

Укладывать теплоизоляционную засыпку можно также между лентами или квадратами плитных теплоизоляционных материалов, уложенных на необходимую высоту.

Теплоизоляционные засыпки уплотняют плоскостными вибраторами или легкими трамбовками. В верхней части теплоизоляционного слоя засыпка должна быть

мелкой фракции, чтобы цементно-песчаный раствор не пропикал между гранулами засыпки (рис. II.25); не допускается применение пластичных растворов.

Применение монолитной теплоизоляции из ячеистых бетонов может оказаться целесообразным, если не налажено производство плитных теплоизоляционных материалов, в покрытиях, не требующих устройства пароизоляционных слоев. Такую изоляцию можно делать только летом; наиболее рациональна она поэтому в южных районах.

Перед выполнением монолитной теплоизоляции производят нивелировку поверхности несущих плит для устройства марок из раствора. На марки устанавливают деревянные рейки с таким расчетом, чтобы их верх соответствовал требуемой толщине утеплителя. В покрытиях со скатными кровлями полосы для заливки монолитного утеплителя располагают поперек ската. Ширина заливаемых полос в этом случае должна составлять около 1 м (при уклонах до 10%).

Для приготовления пенобетонной массы применяют серийно выпускаемые пенобетономешалки емкостью 500 и 750 л. Основными компонентами для получения пенобетона служат цемент, клееканифольный или алюмосульфонафтенный пенообразователь и вода.

Технология приготовления пенобетона проста. Она состоит из приготовления цементного раствора, пены и их перемешивания. Пенобетономешалки располагают на покрытии (на специально сделанных настилах) или на эстакаде рядом со зданием. По лоткам пенобетонная масса поступает в емкости для перевозки к месту укладки. Из емкостей пенобетонная масса сливается через за-
слонки.

По такой технологии получается пенобетон с объемным весом примерно 400 кг/м^3 и прочностью на сжатие $2\text{--}3 \text{ кг/см}^2$ при расходе цемента $350\text{--}360 \text{ кг}$ на 1 м^3 пенобетона.

Интересна пневматическая передвижная установка по приготовлению и транспортированию пенобетонной массы, которая применяется на стройках Главволгостроя. Принцип действия этой установки основан на применении сжатого воздуха. При помощи такой установки можно транспортировать пенобетонную массу по шлангам на расстоянии до 250 м по горизонтали и до 15—20 м — по вертикали [38]. При этих условиях не-

обходимость в транспортных средствах для перевозки пенобетона к местам укладки отпадает.

Механизм установки: барабан для приготовления пены и две пенобетономешалки, в которых поочередно готовят пенобетон, смонтированы на раме двухосного автомобильного прицепа. Для приготовления алюмосульфонафтового пенообразователя используется керосиновый контакт Петрова, растворы сернокислого глинозема, едкого натрия и вода.

Объемный вес пенобетона, приготовленного на этой установке, составляет примерно 300 кг/м^3 при расходе цемента 250—260 кг на 1 м^3 пенобетона.

Для приготовления теплоизоляционного монолитного газобетона используют обычные растворомешалки емкостью 250 л. К нижней части корпуса мешалки приваривают трубу для выпуска готового газобетона в транспортные емкости, а стенки емкости со стороны раздаточного люка наращивают [39].

Составляющими компонентами для изготовления газобетона служат: цемент, алюминиевая пудра, хозяйственное мыло и вода, подогретая до 80° . Воду подогревают для получения быстросхватывающейся газобетонной массы. Мыло, предварительно разведенное в воде, служит эмульгатором для получения водной суспензии алюминиевой пудры. Для этой цели может быть использован мылонафт.

Во время перемешивания в цементный раствор добавляют водную суспензию алюминиевой пудры и, когда смесь доходит до краев мешалки, газобетон заливают в транспортируемые емкости. Газобетонную массу необходимо укладывать в покрытие немедленно и предохранять от сотрясений при транспортировании и после укладки.

По такой технологии получают газобетон с объемным весом 400 кг/м^3 при расходе 360—370 кг цемента на 1 м^3 газобетона. Как и при изготовлении пенобетонов, применяют цемент марки не ниже 400.

Монолитную теплоизоляцию покрытий можно выполнять из битумоперлита (перлитового песка и нагретого битума). Битумоперлит можно прессовать и применять в качестве плит. По данным технических условий [57, 58] свойства битумоперлита приведены в табл. II.9.

Изготовление битумоперлита включает операции по разогреву и обезвоживанию битума, дозировке битума и

перлитового песка в обогреваемую растворомешалку и смешивание их до получения однородной массы.

Таблица II.9

Физико-технические показатели битумоперлита

Показатель	Единица измерения	Марка изделия			
		300	350	400	450
Объемный вес . . .	кг/м ³	До 300	301—350	351—400	401—450
Коэффициент теплопроводности . . .	ккал/м·ч·°C	0,07	0,08	0,09	0,1
Предел прочности при сжатии, не менее	кг/см ²	2,5/1,5	3/1,5	3,5/2	4/2
Морозостойкость, не менее . . .	циклы	25	25	25	25

Примечание. Показатели предела прочности даны дробью: в числителе — для битумоперлита в монолите, в знаменателе — для битумоперлита в изделиях.

Толщина битумоперлитового слоя определяется положением заранее установленных реек. Уложенный битумоперлит уплотняют валками. Такая поверхность служит готовым основанием для устройства кровель.

На изготовление битумоперлита с объемным весом от 300 до 450 кг/м³ расход битума составляет 160—190 кг.

8. РАБОТЫ ПО УСТРОЙСТВУ ПАРОИЗОЛЯЦИИ

Уменьшить поступление парообразной влаги в покрытие можно тремя способами:

наклейкой рулонных материалов (при помощи мастик) на подготовленную поверхность несущих плит или настилов;

обмазкой мастикой или эмульсией поверхностей несущих плит или настилов;

окраской эмалью или лаком внутренних поверхностей покрытий.

Расчетные сопротивления паропрооницанию [12] некоторых пароизоляционных слоев и материалов приведены в табл. II.10.

**Расчетные величины сопротивления паропроонианию R_p
пароизоляционных слоев и материалов**

Наименование	$R_p, \text{м}^2 \cdot \text{мм} \times$ $\chi_{\text{рт.ст.}} / \text{г}$
Наклейка:	
двух слоев рубероида на мастике	20,6
слоя рубероида и слоя пергамина на мастике	14,8
слоя рубероида и двух слоев пергамина на мастике	18,6
слоя рубероида на мастике	10,3
слоя пергамина на мастике с обмазкой поверху мастикой	6,5
слоя толя на мастике с обмазкой поверху мастикой	7
Обмазка:	
горячим битумом за один раз	2
изольной мастикой за один раз	4,5
битумно-кукерсольной мастикой за один раз	4,5
то же, за два раза	8,1
Окраска (с предварительной шпаклевкой и огрунтовкой):	
масляная за два раза	4,8
эмалевая за один раз	3,6
поливинилхлоридным лаком за два раза	29
хлоркаучуковым лаком за два раза	26

Сочетание в оклсечпой пароизоляции рулонных материалов и мастик обеспечивает высокую их надежность. Чтобы рулонные материалы хорошо наклеивались, необходимо подготовить ровное основание. Это достигается затиркой неровностей в несущих плитах цементно-песчаным раствором. Чтобы снизить трудоемкость этих работ и уменьшить расход цементно-песчаного раствора, целесообразно выравнивать верхнюю часть плит во время их изготовления. Наклеивать пароизоляционный материал по невыровненным поверхностям плит нельзя, так как во время укладки утеплителя рулонные материалы повреждаются.

Выравнивающей затирке (для наклеивания рулонных материалов) должны предшествовать работы по устройству стенок деформационных швов, шахт, установке чаш водоприемных воронок (по данным нивелировочных отметок), патрубков для пропуска труб, а также работ по тщательной заделке швов между плитами покрытий цементно-песчаным раствором или бетоном на мелком гравии. В случаях когда швы между плитами

гшательно не заделываются, грунтовочный состав и мастики, применяемые для пароизоляции, могут проникать по этим швам в помещения.

Для огрунтовки поверхностей из цементно-песчаного раствора рекомендуется применять раствор битума марки 5 в керосине, приготовленный в соотношении (по весу) 1 : 2, в качестве пароизоляции не следует применять легкоплавкие мастики (с температурой размягчения по методу «кольцо и шар» ниже 75°), так как при нагревании покрытий такие мастики могут проникать в помещение по усадочным трещинам в заделке швов между плитами. Все беспокровные рулонные материалы надо сверху обмазывать битумной мастикой.

Чтобы надежно пароизолировать утеплитель в местах примыканий к наружным стенам и к стенкам деформационных швов и шахт, пароизоляцию следует поднимать на всю высоту утеплителя.

Наряду с традиционными рулонными материалами в последние годы стали применяться рулонный изол и полиэтилен, обладающие высокими пароизоляционными качествами. По данным испытаний ЦНИИПромзданий, сопротивление паропрооницанию безосновного битумно-резинового материала выше, чем у изоляции из одного слоя рубероида и двух слоев пергамина.

По данным Т. С. Роджерса [19], паропрооницаемость полиэтиленовой пленки толщиной 0,2 мм составляет $0,0025 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм рт. ст.}$, что равноценно сопротивлению паропрооницанию $R_n = 400$. Еще большим сопротивлением паропрооницанию обладает алюминиевая фольга с битумом на одной стороне.

Применение этих гидроизоляционных материалов, обладающих высокими пароизоляционными качествами, наиболее целесообразно в покрытиях зданий, где возможно появление конденсата на внутренней поверхности и капиллярного переноса влаги через несущие плиты покрытий.

Обмазочная пароизоляция является менее надежной; она обладает меньшим сопротивлением паропрооницанию, и ее применение необходимо сочетать с предварительной наклейкой полос рулонного материала (шириной примерно 150 мм) по швам между несущими плитами.

Как видно из табл. II.10 высокими пароизоляционными качествами обладают лаки с применением синтети-

ческих материалов: поливинилхлорида и хлоркаучука. Однако применению этих лаков должны предшествовать трудоемкие работы по подготовке поверхностей к окраске и, кроме того, такие окрасочные слои должны периодически возобновляться. Это ограничивает возможность широкого применения покрасочных составов для пароизоляции покрытий.

КРОВЛИ

1. ПОДГОТОВКА ОСНОВАНИЯ ПОД КРОВЛИ

В покрытиях промышленных зданий преимущественно применяют кровли из рулонных материалов и мастик. Такие кровли могут устраиваться не только скатными, с немедленным отводом воды к водоотводящим устройствам, но и плоскими; на их устройство идут доступные, недорогие материалы; правильно выполненные рулонные кровли обладают достаточной надежностью.

Качество кровель зависит от подготовки основания. Невозможно тщательно склеить рулонный материал с основанием, на поверхности которого есть впадины, выступы, борозды и другие неровности. Такие кровли легко повреждаются и являются ненадежными. Основными критериями, определяющими пригодность основания для наклейки рулонных материалов, являются: ровность, сухость, обеспыленность и прочность его поверхности.

При больших объемах работ по устройству оснований трудно добиться идеально ровной поверхности. Строительными нормами предусматриваются допуски ровности основания, которые определяются контрольной рейкой, длиной 3 м. Плавные нарастающие просветы между контрольной рейкой и основанием не должны превышать 10 мм. Более глубокие плавные и менее глубокие резкие впадины необходимо заполнять цементным раствором, а все выступы, мешающие плотному склеиванию полотнищ рулонных материалов по всей поверхности к основанию, срубить.

Сухость и обеспыленность основания определяют пробным приклеиванием куска рулонного материала. При влажном и запыленном основании не происходит хорошего сцепления его с мастикой, приклеенное полот-

нище будет сравнительно легко отслаиваться от основания. Наклейка рулонных материалов по влажному или пыленному основанию также может служить причиной появления вздутий водоизоляционного ковра, а в некоторых случаях и причиной срыва его при порывах ветра.

Прочность основания зависит от вида материалов, применяемых для устройства выравнивающей стяжки, и от вида материалов, по которым она выполняется. В настоящее время для устройства выравнивающих стяжек, поверхности которых служат основанием для устройства рулонных кровель, применяют в основном цементно-песчаный раствор марок 50—100 и песчаный асфальтобетон прочностью на сжатие не ниже 8 кг/см^2 при 50°C .

В некоторых случаях (при небольших объемах работ) основанием под кровлю служат настилы из досок, к которым нижний слой рулонного материала прибивают толевыми гвоздями. Такие основания редки, и поэтому приемы их устройства здесь не рассматриваются.

По плитным и монолитным утеплителям устраиваются выравнивающие стяжки из цементно-песчаного раствора марки 50 или из песчаного асфальтобетона. Толщина таких выравнивающих стяжек должна составлять в среднем 15 мм. По уплотненным засыпным утеплителям применяют цементно-песчаную (марки 100) стяжку толщиной 25 мм.

В тех случаях когда устраивают стяжку по жестким минераловатым утеплителям, применяют цементно-песчаный раствор марки 100, армированный стальными сетками марки 30—15/3 по ГОСТ 8478—57 или сетками, изготовленными из стальной арматурной проволоки диаметром до 3 мм с размером ячеек не более $200 \times 200 \text{ мм}$. Толщина такой стяжки обычно составляет 25—35 мм. Неармированные цементно-песчаные стяжки и стяжки из литого асфальта по таким утеплителям проседают и не могут служить надежным основанием для устройства кровель.

Асфальтовые выравнивающие стяжки более трудоемки и дороги. Строительными нормами предусматривается их применение в осенне-зимний период (с частыми атмосферными осадками и отрицательной температурой). Максимально допустимые уклоны при устройстве стяжек из асфальтобетона не должны превышать 25%; при этом температура теплостойкости литого асфальта должна превышать максимальную температуру наруж-

ного воздуха в районе строительства не менее чем в два раза.

Зимой можно применять цементно-песчаные стяжки с добавкой поташа до 10%, который ускоряет схватывание и твердение раствора.

Выравнивающие стяжки из цементно-песчаного раствора делают полосами шириной до 3 м, ограниченными рейками, которые служат маяками для устройства ровных поверхностей основания под кровлю. Цементно-песчаный раствор подают к местам укладки по трубопроводам при помощи растворонасосов или в емкостях на резиновом ходу. Разравнивают такую смесь виброрейкой или правилом из металлического уголка или из доски.

Чтобы обеспечить нормальное схватывание и твердение цементно-песчаной стяжки, необходимо предохранять ее от быстрого высыхания, нанося на влажную поверхность стяжки грунтовку из смеси битума марки 5 с керосином в соотношении (по весу) 1 : 2.

Для грунтовки цементно-песчаных поверхностей иногда применяют раствор битума в соляровом масле. Раствор этот долго сохнет, нередко задерживая кровельные работы; применение такого раствора в последнее время ограничивается.

Песчаные асфальтобетоны, применяемые для устройства выравнивающих стяжек, состоят из смеси песка (80—83% по весу), тонкомолотого минерального наполнителя с пылевидными частицами мельче 0,071 мм (20—17%) и битума марок 2—3 (8—10%); для южных районов применяют битум марки 4.

Чтобы получить литой асфальт высокой плотности, необходимо, чтобы температура асфальтовой смеси была не ниже 160°C, а в конце уплотнения не ниже 140°C. Горячую асфальтовую смесь подают к местам укладки в емкостях на колесном ходу и укладывают с учетом толщины маячных реек или реек и граней ранее выполненных квадратов из литого асфальта.

Достоинством асфальтовых стяжек является их относительно быстрая готовность для выполнения кровельных работ. Это особенно ценно зимой, когда кровельные материалы часто наклеивают вслед за устройством асфальтовой стяжки. В тех районах, где асфальт может быть получен с асфальтобетонных заводов, многие подрядчики стремятся выполнять выравнивающие стяжки из литого асфальта, вместо цементно-песчаных,

обоснованно считая, что при этом в периоды с атмосферными осадками создаются более благоприятные условия для качественного выполнения кровельных работ.

Одновременно с устройством основания на основных плоскостях, в местах примыканий к выступающим конструктивным элементам устраиваются переходные участки в виде наклонных бортиков с уклоном до 100% (до 45°) и высотой не менее 100 мм. Вполне надежная конструкция кровли у мест примыкания может быть получена при наклеивке основного водоизоляционного ковра до верха наклонных бортиков и с дополнительными слоями водоизоляционного ковра.

Для плоских кровель применяют легкоплавкие мастики, а чтобы слои водоизоляционного ковра не сползали с наклонного бортика, в его верхней части рекомендуется устанавливать антисептированную деревянную рейку, имеющую скос для закрепления края водоизоляционного ковра, или делать более пологие (до 30°) переходные участки кровель.

Работы по устройству оснований в местах примыканий должны производиться с особой тщательностью и в определенной последовательности. Сначала поверхность штукатурят или затирают, затем устраивают переходные наклонные бортики от вертикальных поверхностей к основным плоскостям кровли; если применяется цементно-песчаный раствор, эти операции могут совмещаться.

Устраивать основания в местах примыканий пока еще сложно; поэтому целесообразно делать переходные наклонные бортики из легкобетонных гвоздимых деталей. В этой связи представляют интерес предложения фирмы «Baggett», которая применяет переходные бортики из гвоздимого бетона, фибролита и дерева (рис. III.1). К бортикам легко крепить края водоизоляционного ковра.

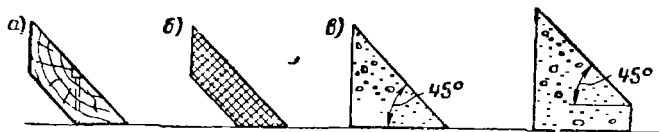


Рис. III.1. Сборные детали переходных наклонных бортиков, применяемых фирмой «Baggett» для устройства кровель в местах примыканий

а — из дерева; б — из фиброкартона; в — из гвоздимого бетона

В наших условиях целесообразнее применять сборные детали с фаской (рис. III.2); в этом случае могут быть сделаны каналы и воздушные полости для выравнивания упругостей водяных паров в покрытии с наружным воздухом.

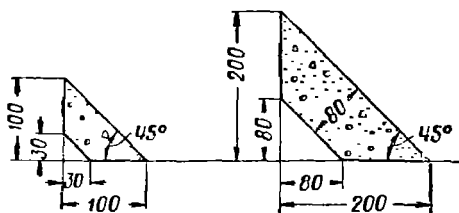


Рис. III.2. Переходные наклонные бортики из гвоздимоного бетона, образующие каналы для выравнивания упругостей водяных паров в покрытии и наружном воздухе

Следует отметить, что в США большое количество рулонных кровель выполняется по гипсобетонному основанию [40]. Считается, что оно обладает хорошей несущей способностью, малым весом и по стоимости является конкурентоспособным по сравнению с другими видами оснований.

Учитывая, что при твердении гипса выделяется большое количество тепла, некоторые специалисты считают, что гипсобетон может укладываться при низких температурах (без опасения, что он замерзнет до схватывания). Были случаи, однако, когда в условиях неустойчивой погоды (во избежание скопления на крыше больших масс снега) рулонный ковер наклеивали через час после заливки гипсобетона, хотя фирмы — поставщики рулонных кровельных материалов и подрядчики по кровлям считают, что кровельные работы можно начинать через 24 ч после укладки гипсобетона.

Гипсобетонное основание под кровлю также устраивают по маячным рейкам, и для получения ровной поверхности гипсобетон, который подается по гибкому шлангу, разравнивают между этими рейками. Такой способ устройства основания может представлять интерес и для нашей строительной практики.

Для устройства кровель зимой целесообразно применять сборные основания.

На строительстве предприятий нефтяной промышленности в Новокуйбышевске зимой были выполнены большие объемы кровельных работ по основанию из железобетонных плит размером 900×1350 мм и толщиной 20 мм. Плиты были армированы по контуру проволокой диаметром 4 мм и изготавливались кассетным способом [41].

В Латвии накоплен опыт устройства сборного основания с применением большеразмерных гипсобетонных плит. При устройстве основания под рулонную кровлю необходимо иметь в виду, что в материалах, применяемых для основания, с понижением температуры наружного воздуха могут появляться трещины, которые способны вызывать разрывы в одном-двух нижних слоях водонизоляционного ковра и снижать общую надежность кровель или даже разрывать все слои водонизоляционного ковра (рис. III.3).



Рис. III.3. Вид трещины в рулонной кровле, выполненной по основанию из цементно-песчаного раствора без температурно-усадочных швов

Чтобы не было трещин в слоях из-за температурных деформаций стяжки, рекомендуется разрезать выравнивающую стяжку из песчаного асфальтобетона швами шириной 10 мм на квадратные участки с размером сторон не более 4 м и укладывать по ним полоски рулонного материала шириной 100 мм, наклеивая их с одной стороны шва [42]; непроклеенная часть полоски выполняет

роль компенсатора, увеличивающего возможное удлинение водонизляционного ковра при деформациях в основании под кровлю.

В ряде зарубежных стран температурные швы рекомендуется устраивать и в асфальтобетонных и в цементно-песчаных основаниях под кровлю.

Для сравнительной оценки возможных величин температурных деформаций в асфальтовой и цементно-песчаной стяжках в ЦНИИПромзданий были проведены натурные измерения [43]. Деформации в асфальтовой стяжке измеряли над температурным швом, отстоящим от соседних швов на расстоянии около 4 м, а в цементно-песчаной — над одной из появившихся трещин, отстоящей от соседних трещин на расстоянии 9 и 4 м. С достаточным приближением можно сравнить изменение ширины этой трещины со швами в цементно-песчаной стяжке на расстоянии 6—7 м.

Выравнивающие стяжки в обоих случаях были выполнены по керамзитобетонным теплоизляционным плитам.

Деформации измеряли переносным индикатором с базой 180 мм и хромированными металлическими маяками, приклеенными к стяжке эпоксидным клеем так, чтобы шов или трещина проходили между маяками на одинаковом расстоянии. В маяках были трехгранные углубления, в которые индикатор при замерах мог упираться шариками, заделанными на его концах. При помощи термокомпенсирующей скобы с неизменяемой базой в замерах исключались возможные ошибки индикатора от влияния температуры наружного воздуха.

Изменения температуры стяжек измеряли термопарами в цепи с самопишущим потенциометром

На рис. III.4 приведены некоторые результаты измерений температурных деформаций асфальтовой и цементно-песчаной стяжки, которые показывают, что изменения деформаций в стяжках зависят от воздействующих на них температур. С понижением температуры шов в асфальтовой и трещина в цементной стяжке расходились, а при повышении температуры ширина их раскрытия уменьшалась.

Величины температурных деформаций в цементно-песчаной стяжке оказались близкими к деформациям асфальтовой стяжки, а в некоторых случаях они были даже больше, хотя асфальт имеет больший коэффициент

линейного изменения ($\alpha = 48 : 10^{-6} \text{ град}^{-1}$), чем цементно-песчаный раствор ($\alpha = 12,8 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$). Это объясняется различными прочностными свойствами применяемых материалов. Асфальт по сравнению с цементно-песчаным раствором при положительных температурах менее прочен. Поэтому он в меньшей степени преодолевает силы сцепления с нижележащим слоем утеплителя, чем

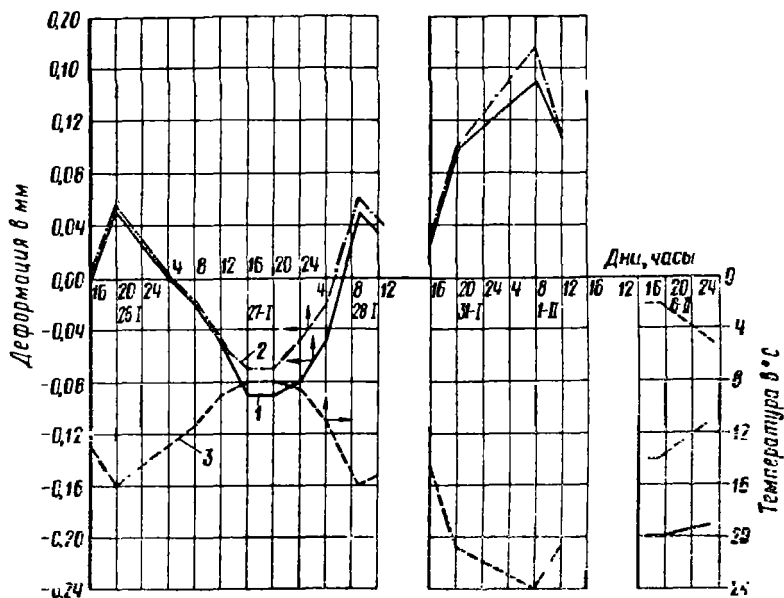


Рис. III.4. Температурные деформации стяжки

1 — цементно-песчаного раствора; 2 — из асфальтобетона; 3 — температура выравнивающей стяжки

цементно-песчаный раствор. При значительном понижении температуры прочность асфальта резко возрастает и может приблизиться к прочности цементно-песчаного раствора. Так, по данным Н. В. Горелышева и Ф. Н. Пантелеева [44] прочность асфальта на растяжение при его охлаждении с 18 до -22°C увеличивается с 12—14 до 50—60 кг/см^2 . Температурные деформации асфальта могут несколько превышать деформации цементно-песчаного раствора, а с повышением температуры, когда прочность асфальта падает, он деформируется меньше, чем раствор (см. рис. III.4). В наших исследованиях при температуре в стяжке около -24°C шов в асфальтовой

стяжке раскрылся лишь на 0,03 мм больше, чем трещины в цементно-песчаной стяжке.

На основании результатов натурных исследований можно сделать выводы, что:

1) температурные деформации цементно-песчаной стяжки в месте трещины, отстоящей от соседних трещин на расстоянии 9 и 4 м, близки к деформациям асфальтовой стяжки в местах температурных швов, отстоящих от соседних швов на расстоянии 4 м, и, следовательно, являются не менее опасными для кровель;

2) во избежание появления трещин в цементно-песчаной стяжке, вызывающих разрывы в слоях водоизоляционного ковра, необходимо разделять стяжку температурными швами на квадратные участки со сторонами 6 м; по этим швам, так же как и по асфальтовой стяжке, должны укладываться полосы рулонного материала (рубероида или пергамина), приклеиваемые с одной стороны шва.

Весьма актуальным является отказ от применения выравнивающих стяжек под кровлю. В этой связи представляет интерес применения теплоизоляционных плит с небольшими допусками по толщине и ровными поверхностями, пригодными для наклейки рулонных материалов.

Во II главе отмечалось, что без выравнивающих стяжек могут применяться пенополистирольные плиты с $\gamma \geq 35 \text{ кг/м}^3$. Кроме этого, заслуживает внимания зарубежный опыт применения в покрытиях фибролитовых теплоизоляционных плит с относительно плотной поверхностью в результате применения для этого слоя тонкой и однородной древесной шерсти.

2. РУЛОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА КРОВЕЛЬ

Все рулонные материалы, применяющиеся в настоящее время для устройства кровель, имеют основу из кровельных картонов. Эти картоны могут пропитываться горячим нефтяным битумом или каменноугольным дегтем; в этом случае получают беспокровные материалы: пергамина, толь-кожу. В тех случаях когда основа рулонных материалов не только пропитывается, но и покрывается горячими составами, получают покровные рулонные материалы: различные виды рубероида и толя.

Для покровного слоя применяют битумные или дегтевые составы с волокнистым и пылевидным наполнителями. Поверхность материалов, предназначенных для верхнего слоя скатных кровель, покрывают крупнозернистой или чешуйчатой посыпкой.

Физико-технические свойства рулонных материалов, применяемых для устройства кровель, приведены в табл. III.1.

Кроме материалов, приведенных в таблице, для устройства кровель иногда применяют гидроизол, который изготавливается на основе асбестосодержащего картона, пропитанного окисленным битумом с температурой размягчения по методу «кольцо и шар» от 50 до 60°C.

Взаимное расположение рулонных материалов в кровлях зависит от применяемых конструкций. В скатных кровлях с верхним слоем из кровельного рубероида или рубероида с чешуйчатой посыпкой, в нижних слоях (в качестве подкладочных материалов) применяют пергамин или подкладочный рубероид; возможно и сочетание этих материалов. Для этих же целей может применяться и рубероид марки РМ.

В скатных кровлях с верхним слоем из толя с крупнозернистой или песочной посыпкой в нижних слоях применяют толь беспокровный.

В скатных кровлях с защитным слоем из мелкогравия применяют беспокровный толь, пергамин, рубероид марки РМ, гидроизол. Вследствие дефицитности асбестосодержащего картона гидроизол для устройства кровель применяется в небольших количествах.

Толь беспокровный по ГОСТ 10999—64 изготавливается на основе кровельного картона весом 350 г/м² марок ТК-350 (толь-кожа) и ТГ-350 (толь гидроизоляционный). При изготовлении толь-кожи температура размягчения дегтевой пропиточной массы по методу «кольцо и шар» должна быть не ниже 34°C, а при изготовлении гидроизоляционного толя — не ниже 45°C. Отношение веса пропиточной массы к весу абсолютно сухого картона при изготовлении беспокровного толя должно быть не менее 1,2 : 1.

Для изготовления пергаминов по ГОСТ 2697—61 предусматривается применение пропиточной массы из кровельного битума с температурой размягчения по методу «кольцо и шар» от 40 до 53°C при соотношении пропиточной массы к весу абсолютно сухого картона

Физико-механические показатели кровельных материалов

Наименование и марка материала по ГОСТу	Разрывной груз при растяже- нии полоски шириной 50 мм в кг (не менее)	Гибкость		Водонепрони- цаемость		Температуροустойчивость			
		на диаметре стрелки в мм	при темпера- туре в °C	выдерживает давление в атм	в течение мин	температура в °C	время выдерживания в вертикаль- ном положе- нии в ч	потери в весе в %	при испытании при темпера- туре в °C
Руберонд: марки РК-420	34	30	25	0,7	10	80	2	0,5	80
» РК-350	32	30	25	0,7	10	80	2	0,5	80
подкладочный марки РП-250	18	20	18±2	0,7	10	80	2	0,5	80
марки РМ-350	27	30	25	0,7	10	80	2	0,5	80
Пергамин марки П-350	27	10	18±2	—	—	—	—	—	—
Толь-кожа марки ТК-350	30	10	20±2	0,4	5	—	—	—	—
Толь гидроизоляционный марки ТГ-350	40	10	20±2	0,4	5	—	—	—	—
Толь с крупнозернистой посыпкой марки ТВК-420	30	30	20±2	0,4	10	45	2	—	—

не меньше 1,25 : 1. Заводами выпускается пергамин с нижним пределом температуры размягчения битумов, хотя для устройства кровель предпочтительны пергамины, пропитанные битумами с более высокими температурами размягчения, поскольку они менее влагоемки.

Подкладочный рубероид марки РП-250 изготавливается на основе кровельного картона весом 250 г/м². Температуры размягчения битумов и битумных мастик, применяемых для пропитки кровельного картона и нанесения на него покровных слоев, принимаются те же, что и при изготовлении кровельных рубероидов. Чтобы подкладочный рубероид не слипался в рулонах, обе его стороны покрывают минеральной посыпкой.

Подкладочный рубероид выпускается недавно, по прочности он уступает пергамину, рубероиду марки РМ, а его эксплуатационные качества пока еще недостаточно проверены.

Необходимо иметь в виду, что полотнища рулонных кровельных материалов склонны к скручиванию; поэтому перед употреблением беспокровные рулонные материалы перекатывают на другую сторону, а рубероиды необходимо раскатывать и укладывать друг на друга, чтобы они выпрямлялись под силой собственного веса. По той же причине в США не рекомендуется наклеивать рубероид полотнищами длиной более 6 м [40], а нормы ФРГ предусматривают, что длина рулонных полотнищ не должна превышать 5 м [45].

Водонепроницающий ковер рулонных кровель состоит из нескольких слоев рулонных материалов, склеиваемых кровельными мастиками.

Анализ работы слоев кровельных материалов в водонепроницающем ковре показывает, что слои кровельных мастик выполняют гидронепроницающую функцию, а рулонные материалы — прослойку, армирующую слои кровельных мастик и придающую прочность водонепроницаемому ковра, обеспечивая его трещиностойкость при температурных воздействиях и деформациях основания.

Следовательно, для обеспечения надежной службы кровель необходимо иметь достаточно прочные рулонные материалы, которые бы не изменяли своих свойств в процессе эксплуатации, т. е. в течение долгого времени служили надежными армирующими прокладками в составе кровель с применением погодоустойчивых кровельных мастик.

Толевые материалы обладают высокими гнилостойкими качествами. В состав дегтевых веществ каменноугольного происхождения входят фенолы, являющиеся хорошими антисептирующими веществами. Эти же материалы обладают относительно высокой стойкостью против повреждения их корнями растений.

Гидронзолы не являются совершенно гнилостойкими материалами, так как в их состав кроме совершенно негниющего асбестового волокна входит до 20% древесноволокнистой массы.

Широко применяемые для устройства кровель рубероиды и пергамин относятся к числу негнилостойких материалов. Картонная основа этих материалов при воздействии влажной среды и гнилостных бактерий может разрушаться, снижается ее прочность и способность удовлетворительно работать в условиях, которым подвергаются армирующие прослойки в составе водоизоляционного ковра.

На рис. III.5 приведен характерный вид разрушения трехслойного водоизоляционного ковра вследствие низкой гнилостойкости битумных кровельных материалов. Процесс разрушения этих кровель начинался с появления в слоях водоизоляционного ковра трещин, доходивших до картонной основы кровельных материалов.



Рис. III.5. Вид разрушившейся кровли вследствие потери армирующей способности сточными рулонными материалами и появления трещин в слоях мастик

В этих трещинах задерживалась вода и пыль, которые служили хорошей средой для развития бактерий, разрушивших картонную основу. С потерей прочности картонной основы и развитием трещин происходило послойное выветривание и смывание водой битумных пластинок со сгнившей картонной основой.

3. ПОВЫШЕНИЕ ГНИЛОСТОЙКОСТИ РУЛОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В исследованиях по повышению долговечности кровель с применением битумных материалов всегда было актуально повышение их гнилостойкости.

Одно из направлений этих поисков характеризуется совмещением в составе рулонных материалов свойств дегтевых и битумных вяжущих. Был предложен способ производства рулонных материалов, по которому кровельный картон предварительно пропитывается в горячем антраценовом масле, затем пропитывается в легкоплавком битуме и покрывается с обеих сторон тугоплавкими битумными мастиками.

НИИ Асбестоцемент предложил способ производства дегтебитумных кровельных материалов (ДБ), по которому кровельный картон сначала пропитывается в дегте, а затем покрывается с обеих сторон битумными мастиками. Строительными нормами дегтебитумные материалы рекомендуется укладывать как на холодных, так и на горячих битумных или дегтевых мастиках при устройстве плоских, в том числе водонаполненных кровель [46].

Водоизоляционный ковер, в котором только наклеивается на битумных мастиках, по своему существу не отличается от водоизоляционного ковра из дегтебитумного рулонного материала, наклеенного на битумных мастиках.

Совмещение дегтевых и битумных материалов в кровлях широко применялось в военные годы.

В 1951 г. Б. Н. Кауфман и И. М. Руденская обследовали в Закамске рулонные кровли, представляющие собой сочетание битумных рулонных материалов с мастиками из каменноугольных дегтепродуктов. Эти кровли 8—10 лет эксплуатировались в суровых климатических условиях Урала. Обследование показало, что кровли находятся в удовлетворительном состоянии. Признаков

расслоения, разрушений и дефектов, связанных с сочетанием битумных и дегтевых материалов, обнаружено не было. Аналогичные данные были получены при обследовании таких же кровель в Донбассе.

В 1960—1962 гг. в Москве кровли ряда производственных зданий были выполнены из битумных рулонных материалов на битумных мастиках, с защитными гравийными слоями, втопленными в дегтевую кровельную мастику. Проверка показала, что эти кровли также обладают достаточно высокими эксплуатационными качествами.

После трехлетней эксплуатации нами обследованы плоские водонаполненные кровли производственных зданий в Ташкенте и Ахан-Гаране (рис. III.6), выполненные



Рис. III.6. Вид водонаполненной кровли Комбината стройпластмасс в Ахан-Гаране с водоизоляционным ковром из четырех слоев беспокровного толя, наклеенных на битумной мастике, и двумя защитными слоями из гравия, втопленного в битумную мастику, антисептированную против прорастания

из четырех слоев толя-кожи на битумных мастиках с двумя защитными слоями из гравия, втопленного в битумную мастику, антисептированную против прорастания. Каких-либо дефектов, вызванных сочетанием дегтевых и битумных материалов в этих кровлях, обнаружено не было.

Большие работы по определению совместимости битумных и дегтевых материалов проделаны в ФРГ. Установлено, что мягкие пеки с более низкой температурой размягчения и, следовательно, с меньшим содержанием свободного углерода совмещаются с битумами лучше, чем твердые; с другой стороны, совместимость дегтепродуктов с битумами тем лучше, чем выше содержание в битумах асфальтенов и меньше масел [47].

Совмещают дегтевые и битумные материалы для кровель и в ЧССР. В нижних слоях таких кровель применяются беспокровные толевые материалы, которые наклеиваются на битумах. Для верхнего слоя этих кровель применяются рулонные материалы толщиной примерно 4 мм со стеклоосновой (марки «склобит») или с картонной основой (марки «ипа»), которые наклеиваются на расплавленный пламенем паяльных ламп или специальных горелок покровный слой.

Исследования по совместимости дегтевых и битумных материалов в кровлях и положительный опыт эксплуатации таких кровель дают основание полагать, что при определенных условиях можно рекомендовать сочетание этих материалов для повышения качества и долговечности кровель.

В 1952 г. И. В. Провинтеев [48] предложил способ изготовления кровельных материалов, пропитанных гудрокамом с температурой размягчения 65—75°C. Гудрокам — продукт совместного окисления битума марок БН-I, БН-II или гудрона с антраценовым или со шпалопропиточным маслом в отношении 1 : 1 при температуре 200—230°C.

Производство гнилостойких рулонных материалов с совмещенными свойствами дегтевых и битумных вяжущих (типа ДБ, гудрокамовых и др.) пока не налажено. По-видимому, это связано с некоторыми трудностями организации производства.

Второе направление поисков повышения гнилостойкости кровель связано с использованием в кровлях негниющих стекломатериалов: кровельной стеклоткани или гидроизоляционного стеклохолста.

Стекломатериалы могут использоваться в качестве основы при изготовлении рулонных материалов или в качестве армирующих прокладок при устройстве мастичных кровель. Как показывают технические и экономические сопоставления, применение стекломатериалов

в мастичных кровлях является перспективным. ЦНИИПромзданий разработаны указания по проектированию мастичных кровель, армированных стекломатериалами [49], и инструкция по их устройству [50].

Третье направление поисков повышения гнилостойкости кровель основано на использовании в кровлях безосновных рулонных материалов: бризола, изола, биогимаса, ГМП (гидроизоляционного материала с полиизобутиленом), а также полиэтиленовых, полиэтилен-пеновых и других пленок. Бризол и изол изготавливаются на основе битумно-резиновых композиций.

По технологии НИИ шинной промышленности для изготовления бризола применяют нефтебитум БН—IV и БН—V в количестве 57—58% (по весу), обестканенную резиновую крошку от изношенных автомобильных шин 25—30%, пластификатор (озокерит, зеленое масло и др.) 4—5% и асбестовый наполнитель 8—12%.

По технологии НИИ Асбестцемента для изготовления изола применяют битум БН—III 20—25%, битум БН—V 28—30%, резиновую крошку 25—30%, кумароновую смолу 2%, волокнистый и пылевидный наполнитель 25—30%.

По технологии ВНИИ новых строительных материалов для изготовления биогимаса применяют гудрокам 24—28% с температурой размягчения 110—130°C, битум БН—II 36—42% и асбестовый наполнитель 30—40%.

В настоящее время освоен заводской выпуск бризола и изола в рулонах шириной соответственно 400 и 1000 мм. Эти материалы предназначаются в основном для гидроизоляции подземных сооружений, защиты магистральных трубопроводов, а изол также и для устройства кровель.

Физико-механические свойства бризола и изола в сравнении со свойствами рулонных кровельных материалов с картонной основой даны в табл. III.2.

Ряд случаев применения битумно-резиновых материалов при устройстве кровель оказался неудачным.

ЦНИИПромзданий в апреле 1964 г. обследовал плоскую кровлю цеха резинотехнических изделий Днепропетровского шинного завода, выполненную из трех слоев бризола на битумной мастике с защитным слоем из каменной крошки крупностью до 10 мм, втопленной

в битум. Эта кровля выполнялась по выравнивающей стяжке из литого асфальта, уложенного на пенобетон, а на некоторых участках — по битумоперлиту. В качестве несущих применялись железобетонные плиты марки ПКЖ, по которым устраивалась битумная обмазочная пароизоляция.

Таблица III 2

Физико-механические показатели изола, бризола и рулонных кровельных материалов

Показатели	Единица измерения	Изол	Бризол	Толь-кожа (ТК-350)	Гидро-изол (ГИ-1)	Рубе-роид (РМ-350)
Предел прочности при растяжении	кг/см ² (не менее)	4	7	30	30	32
Растяжимость	% (не менее)	60	70	—	—	—
Водонасыщение за сут-ки	% (не более)	1	1	25	10—13	—

Кровля устраивалась летом 1963 г. В процессе работ перед устройством защитного слоя и после кровля заливалась водой для проверки водоизоляционного ковра.

Течь впервые была отмечена в конце декабря 1963 г. во время оттепели. После установления устойчивой зимней отрицательной температуры наружного воздуха вода на кровле замерзла и протекания не наблюдалось. С наступлением весеннего периода течь в кровле возобновилась. Следует отметить, что по данным метеорологической службы зимой 1963—1964 гг. температура в Днепропетровске не была ниже —21°C.

При обследовании кровли установлено, что во многих местах она покрылась сеткой трещин различной длины неопределенного направления. При вскрытии участков кровли установлено, что по характеру образования трещины можно подразделить на сквозные, которые проходили через защитный слой, все слои водоизоляционного ковра из бризола и асфальтовую стяжку, а также и несквозные, которые проходили через защитный слой и один-два слоя бризола.

Следует отметить, что под бытовыми помещениями цеха, где по асфальтовой выравнивающей стяжке, уложенной на пенобетонный утеплитель, была выполнена кровля из трех слоев рубероида, ни трещин, ни течи обнаружено не было.

Результаты обследования плоской кровли цеха РТИ и данные анализа температур зимой показывают, что главной причиной образования трещин в кровле явились деформации в материалах защитного слоя, бризольного водоизоляционного ковра и основания под кровлю, вызванные температурными напряжениями в этих материалах.

В безосновном резино-битумном материале, так же как и в битумах, при низких отрицательных температурах развиваются относительно большие деформации, которые могут приводить к образованию трещин в материалах водоизоляционного ковра и защитного слоя. Эти материалы при отрицательных температурах обладают повышенной хрупкостью, а отсутствие в водоизоляционном ковре прочных армирующих прокладок делает его нетрещиностойчивым.

Учитывая, что водоизоляционный ковер из бризола при отрицательных температурах обладает повышенной хрупкостью и нетрещиностойчив, в качестве мероприятия, обеспечивающего непротекаемость кровли, было решено снять защитный слой и по бризолу наклеить два слоя рубероида на битумной мастике с антисептирующей добавкой 3—5% (по весу) фтористого натрия.

Защитный слой такой кровли рекомендовалось выполнять из мелкого гравия, втопленного в битумную кровельную мастику, антисептированную веществами против прорастания кровель корнями растений. Температуру размягчения битумной мастики по методу, «кольцо и шар» для наклейки рубероида рекомендовалось принимать 48—50°C, а для устройства защитного слоя — 52—55°C. Летом 1964 г. эта кровля была отремонтирована.

В 1963 г. при устройстве плоской кровли государственного подшипникового завода в Ростове-на-Дону был также применен бризол. К началу зимы 1963—1964 гг. на участках плоской кровли было наклеено от одного до трех слоев бризола; защитный слой не был выполнен. С наступлением оттепелей кровля стала протекать во многих местах. При обследовании кровли Ростовский

Промстройнии проект совместно с подрядчиком установил, что в слоях бризола появились трещины.

Весной 1964 г. по водоизоляционному ковру из бризола была сделана рубероидная кровля на антисептированных легкоплавких битумных мастиках с устройством защитных слоев из мелкого гравия в соответствии с Инструкцией СН 246—63.

Неудачный опыт применения бризола в плоских кровлях двух крупных производственных зданий показывает, что при отсутствии в водоизоляционном ковре достаточно надежных армирующих прокладок, воспринимающих и перераспределяющих между отдельными слоями мастик температурные напряжения и деформации основания, в нем появляются трещины, которые приводят к протеканию кровель. Того же можно ожидать и при применении изола, свойства которого по растяжимости и прочности мало отличаются от свойств бризола. По-видимому, бризол, изол и аналогичные им безосновные материалы более рационально применять в качестве гидроизоляции трубопроводов, подземных сооружений, а также в качестве пароизоляции в покрытиях зданий, т. е. в конструкциях, где сохраняются преимущественно положительные температуры.

В последнее время ЦНИИПромзданий и НИИАсбестцемент предложили способы получения гнилостойких битумных кровельных материалов, которые основаны на антисептировании битумов, используемых для пропитки картонной основы и для нанесения покровных слоев. Задачи повышения долговечности рулонных кровель требуют быстреего освоения выпуска таких материалов.

Учитывая, что гнилостойкие битумные кровельные материалы пока не выпускаются, при устройстве плоских кровель из рубероида в состав битумных приклеивающих мастик вводят кремнефтористый или фтористый натрий (не менее 3% веса битума) [37]. При сопоставлении этих антисептиков предпочтение следует отдавать первому, как более стойкому и менее водорастворимому.

4. ГОРЯЧИЕ КРОВЕЛЬНЫЕ МАСТИКИ

Для наклейки рулонных материалов применяются преимущественно горячие кровельные мастики. Они могут быть битумными и дегтевыми.

Битумные мастики готовят из сплава кровельных битумов марок 2 и 5 с добавлением наполнителя, а дегтевые — из сплава каменноугольного пека с антраценовым маслом и с добавлением наполнителя [51].

Стойкость кровель к воздействию климатических факторов и солнечной радиации в большой мере зависит от состава и теплостойкости мастик, применяемых для наклейки рулонных материалов и устройства защитного слоя.

Нефтеперерабатывающие заводы поставляют в строительную промышленность битумы строительные (по ГОСТ 6617—56) марок БН-IV и БН-V и кровельные (по ГОСТ 9548—60) марок БНК-2 и БНК-5.

На основе практики, установившейся в строительстве, критерием возможности применения какого-либо битума для устройства кровель служит температура его размягчения. Зачастую не учитывается, что битумы с одинаковой температурой размягчения, но из различного исходного сырья обладают не одинаковыми хрупкостью, клеящей способностью и атмосферостойкостью.

Исследованиями НИИАсбестцемента и ДорНИИ установлено, что нефтебитумы, полученные из гудронов, обладают лучшей погодоустойчивостью и более высокими физико-техническими свойствами, чем битумы из крекинг-остатков и остатков деасфальтизации. Поэтому при изготовлении кровельных битумов запрещается применять крекинг-остатки и остатки деасфальтизации или смешивать эти остатки с остатками прямой перегонки нефти.

Для кровель предпочтение следует отдавать мастикам с кровельными битумами.

Наблюдения показывают, что строительные битумы, применяющиеся для устройства кровель, очень быстро покрываются трещинами. На рис. III.7 показан вид слоя битума марки БН-IV, использованный при устройстве участков временных кровель здания текстильного комбината в Москве. Через семь месяцев эксплуатации он покрылся сеткой глубоких трещин шириной до 3 мм. Совершенно очевидно, что применять этот битум недопустимо.

Несмотря на большую необходимость, кровельные битумы марок 3 и 4 пока не выпускаются, и для приготовления кровельных мастик приходится делать сплав кровельных битумов марок БНК—2 и БНК—5.



Рис. III.7. Глубокие трещины в слое строительного битума БН-IV

Свойства мастик зависят от их состава. Наполнители повышают прочность и трещиностойчивость мастик. При отрицательных температурах они несколько уменьшают усадочные напряжения и хрупкость мастик, а при положительных — текучесть; мастики с наполнителями более атмосферостойки.

Для изготовления мастик могут применяться волокнистые, пылевидные или комбинированные (смесь волокнистых и пылевидных) наполнители. В качестве волокнистого наполнителя применяют низкосортный асбест (влажностью не выше 5%), проходящий через сито с размером ячеек 2—3 мм, а в качестве пылевидных — мел, диатомит, трепел, известковую муку, минеральные материалы, проходящие через сито с 920 отверстиями на 1 см², и др.; влажность этих материалов не должна превышать 3%.

При выборе наполнителей следует отдавать предпочтение волокнистым, так как они имеют меньший удельный вес и в меньшей степени оседают в мастике при транспортировании и хранении.

Количество наполнителей, вводимых в битумный или в дегтевый вяжущий сплав, зависит от температуры размягчения сплава, требуемой теплостойкости мас-

тик и может подбираться с учетом рекомендаций табл. III.3 или специальных указаний по приготовлению кровельных мастик [51].

Таблица III.3

Примерное количество наполнителей, вводимых в состав кровельных мастик

Битумные мастики			Дегтевые мастики		
марка мастика	наполнитель в % от веса вяжущего		марка мастики	наполнитель в % от веса вяжущего	
	волокнистый	пылевидный		волокнистый	пылевидный
МБК-Г-55	10—12	—	МДК-Г-50	10—12	—
МБК-Г-55	—	25—30	МДК-Г-50	—	25—30
МБК-Г-65	15—20	—	МДК-Г-60	15—20	—
МБК-Г-65	—	25—30	МДК-Г-60	—	25—30
МБК-Г-75	15—20	—	МДК-Г-70	20—25	—
МБК-Г-85	20—25	—	МДК-Г-80	20—25	—
МБК-Г-100	20—25	—			

Показатель теплостойкости мастики выражается в °С и характеризуется температурой, при которой слой мастики толщиной 2 мм способен удерживаться между склеенными ею двумя образцами беспокровных кровельных материалов, находящихся на уклоне 100% (под углом 45°) в течение 5 ч. Для испытания дегтевых мастик берут образцы только-кожи, а для битумных — пергамин. Этот показатель теплостойкости условен, так как в действительности рулонные кровли с уклонами 100% без особых мер по закреплению полотнищ рулонных материалов к основанию не делают. В связи с этим теплостойкость косвенно характеризует сравнительную плавкость мастик для оценки пригодности их применения при устройстве кровель на тех или иных уклонах.

Рекомендуемые Инструкцией СН 246—63 марки битумных и дегтевых кровельных мастик для устройства рулонных кровель на разных уклонах приведены в табл. III.4.

Необходимо иметь в виду, что при применении дегтевых мастик в местах примыканий следует закреплять верхний край водоизоляционного ковра и устанавливать защитные фартуки вслед за работами по устройству кровель в этих местах.

Рекомендуемые для устройства кровель марки битумных и дегтевых мастик

Район строительства	Уклоны участков кровель в %			В местах примыкания кровель
	$0 \leq i < 2,5$	$2,5 \leq i < 10$	$10 \leq i < 25$	
Севернее географической широты 50° для европейской и 53° в азиатской частях СССР	МБК-Г-55 МДК-Г-50	МБК-Г-65 МДК-Г-60	МБК-Г-75 —	МБК-Г-85 МДК-Г-70
Южнее этих районов	МБК-Г-65 МДК-Г-60	МБК-Г-75 МДК-Г-70	МБК-Г-85 —	МБК-Г-100 МДК-Г-80

Примечание. Двухзначная цифра в обозначении марки мастики соответствует температуре (в $^\circ\text{C}$) ее теплостойкости. Переход к увеличению теплостойкости мастик для районов строительства южнее широты 50° в европейской и 53° в азиатской частях СССР должен производиться равномерно, с повышением теплостойкости не более 2° на каждый градус уменьшения географической широты.

Второй косвенной характеристикой, определяющей возможность применения мастик для устройства кровель на разных уклонах, служит измерение температур их размягчения по методу «кольцо и шар». Испытание битумов и мастик по этому методу отличается простотой, занимает мало времени и используется при определении температур размягчения исходных составляющих для изготовления мастик, а также для контроля температур размягчения битумных сплавов и получаемых мастик.

Опыты, проводившиеся в ЦНИИПромзданий, не выявили строгой зависимости между теплостойкостью кровельных мастик и температурой их размягчения. При испытании специально приготовленных с одинаковой температурой размягчения сплавов битумов, полученных с разных нефтеперерабатывающих заводов, установлено, что их теплостойкость несколько различна. В связи с этим, особенно при устройстве скатных кровель, обязательно следует испытывать мастики на теплостойкость.

При подборе составов мастик для устройства кровель с применением битумных и дегтевых материалов ориентировочные показатели их температур размягчения по методу «кольцо и шар» могут приниматься по табл. III.5.

Ориентировочная температура размягчения (по методу «кольцо и шар») мастик различных марок

Марка мастики	Температура размягчения в °С	Марка мастики	Температура размягчения в °С
Битумной:		Дегтевой:	
МБК-Г-55	55—60	МДК-Г-50	48—50
МБК-Г-65	68—72	МДК-Г-60	62—65
МБК-Г-75	77—80	МДК-Г-70	78—83
МБК-Г-85	87—92	МДК-Г-80	90—95
МБК-Г-100	105—110		

Примечание. При устройстве кровель без уклонов температура размягчения битумных мастик принимается 46—50°С, а дегтевых 44—48°С.

Легкоплавкие мастики способны самозалечиваться и длительное время надежно выполнять гидроизолирующие функции в кровлях. В связи с этим целесообразны малоуклонные кровли, при устройстве которых могут применяться легкоплавкие мастики.

В случаях когда для скатных кровель применяется мастика, не имеющая достаточной теплостойкости, она может стекать вниз и вызывать сползание пологих рулонных материалов.

Мастики с высокой теплостойкостью хрупки, в них быстро развиваются трещины, которые снижают надежность кровель.

Способностью «самозалечивания» обладают не только легкоплавкие дегтевые, но и легкоплавкие битумные мастики.

В случаях применения тугоплавких кровельных мастик «самозалечивания» дефектов не происходит. На рис. III.8 видны дефекты в слоях из битума с температурой размягчения 89° по методу «кольцо и шар». Образцы, которые 5 месяцев были на кровле, покрылись сеткой трещин; вода проникала по ним к основанию, под слой мастики; при нагревании водяные пары расширялись, в результате чего отдельные пластинки битума между трещинами приобрели куполообразный вид.

ЦНИИПромзданий обследовал плоскую кровлю производственного здания в Москве, которая после зимней эксплуатации стала протекать. Конструкция покрытия с плоской кровлей, заполняемой на лето водой, включала



Рис. III.8. Вид кровли со слоем тугоплавкого битума (температура размягчения 89°C) через пять месяцев эксплуатации

в себя несущие железобетонные плиты размером 6×3 м, керамзитобетонный плитный утеплитель толщиной 120 мм, асфальтовую выравнивающую стяжку, четыре слоя гидроизола на нефтебитуме и два защитных слоя из гравия, втопленного в дегтевую мастику. Чтобы выявить причины, вызвавшие протекание в кровле, отбирались пробы дегтевых мастик и битума. При их испытании установлено, что для наклейки гидроизола и устройства защитных слоев применялись соответственно битумы с температурой размягчения по методу «кольцо и шар» до $87,5^{\circ}$, а дегтевые мастики — до $68,5^{\circ}$, т. е. намного выше рекомендуемых. Летом кровлю ремонтировали, однако после зимы она снова протекала.

На качество склеивания рулонных материалов между собой и с основанием существенно влияет температура приклеивающих мастик. Остывающие мастики становятся более вязкими, что не только ухудшает качество наклейки, но и ведет к перерасходу мастик. По нашим нормам при устройстве кровель температуры битумных мастик должны быть не ниже 160°C , а дегтевых — 140°C . Мастики с более низкими температурами должны подогреваться. В США применяют битумные мастики с температурой $205\text{—}220^{\circ}\text{C}$ [40], в ФРГ — $180\text{—}200^{\circ}\text{C}$ [45], а дегтевые соответственно $160\text{—}190$ и $150\text{—}160^{\circ}\text{C}$.

Несмотря на очень большие объемы работ, выполняемых ежегодно по устройству кровель, у нас пока не изготавливаются достаточно совершенные котлы для приготовления кровельных мастик. В построечных условиях на это расходуется очень много времени (по нормам на 1 т мастики ~ 20 чел.-час.), и гарантии, что мастики обладают необходимыми свойствами, нет.

Наиболее опасен для кровельных мастик перегрев выше допустимых температур (битумных — выше 230°C и дегтевых — выше 190°C). При более высоких температурах происходит испарение (отгонка) ценных гидроизоляционных масел и не исключена возможность их воспламенения.

При обследовании строительства одного из производственных зданий в Рустави было обращено внимание на очень высокую твердость дегтевой мастики, применяемой для устройства плоской кровли. Варщик загружал котлы (антраценовым маслом, пеком и наполнителем) по вполне приемлемой рецептуре, для того чтобы мастика имела температуру размягчения по методу «кольцо и шар» ~ 55°C. Однако температура мастики в котле оказалась равной 235°C; антраценовое масло испарялось, что было обнаружено по желтовато-зеленому цвету отходящих газов. Проверка показала, что мастика имела температуру размягчения 81°C.

Чтобы предотвратить случаи применения негодных мастик для устройства кровель, необходимо:

- 1) во время изготовления мастик не допускать их перегрева, варщики должны иметь термометры для измерения температур мастик и хорошо знать составы мастик, а также последствия, к которым могут привести нарушения технологии;

- 2) из каждого котла отбирать пробы мастики для определения температуры ее размягчения по методу «кольцо и шар» (ГОСТ 11506—65).

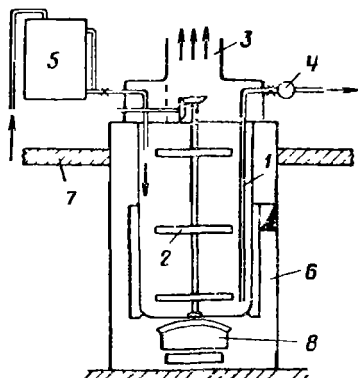
Наиболее правильно этот вопрос можно решить, организовав централизованное изготовление мастик на установках, оборудованных дозирующими и перемешивающими устройствами, а также приборами, контролирующими температуру мастик при изготовлении. Доставлять мастику к местам потребления следует в утепленной таре и в автогудронаторах с мешалками.

По такому принципу были организованы изготовление дегтевых мастик на Московском рубероидном заво-

де в 1960—1961 гг. и доставка их в Черемушки и Воронцово [52]. Мастику изготовляли в котлах с вертикальными мешалками (рис. III.9). Вначале в котел заливали антраценовое масло и обезвоживали его, затем в три-четыре приема загружали пек, и после доведения температуры до 160—170°C в дегтевый сплав вводили наполнитель; составляющие перемешивали до получения однородной массы. Шестеренчатым насосом мастику перекачивали в автогудронаторы и доставляли к местам потребления.

Рис. III.9. Схема варочного котла по производству дегтевых мастик

1 — котел; 2 — лопастная мешалка; 3 — вытяжное устройство; 4 — насос для перекачивания мастики в автогудронаторы; 5 — мерный бак для антраценового масла; 6 — обмуровка котла; 7 — междуэтажное перекрытие; 8 — топка



Весьма эффективно может быть использовано соседство нефтеперерабатывающих предприятий для получения битумов необходимого качества. Так, при строительстве кровли производственного здания в Дзержинске горячий битум с необходимой температурой размягчения доставляли на строительную площадку с Новогорьковского нефтеперерабатывающего завода и заливали в котлы. После добавления наполнителя и доведения температуры мастики до 200°C, ее подавали на кровлю.

5. ХОЛОДНЫЕ КРОВЕЛЬНЫЕ МАСТИКИ

Для устройства рулонных кровель в последние годы применяют холодные мастики. При этом используют кровельные рулонные материалы, имеющие с двух сторон покровные слои (рубероиды марок РК, РМ и РП).

В состав холодных мастик обычно входят битумы, растворитель, наполнители, а в некоторых случаях и полимерные добавки. В качестве растворителей применяют кукерсольный лак, соляровое масло или керосин. Были предложены холодные битумно-резиновые мастики с применением бензина, однако широкого распространения они не получили из-за высокой стоимости и повышенной пожарной опасности.

Холодные мастики в начальный период имеют высокие пластические свойства и из-за опасности стекания не рекомендуются при устройстве кровель с уклоном более 10%.

Во всех случаях для правильной оценки возможности применения той или иной холодной мастики для устройства скатной кровли необходимо сделать пробную наклейку полотнищ рулонных материалов; следует иметь в виду, что холодные мастики не могут применяться на основании из литого асфальта, так как его верхний слой растворяется.

Составы холодных мастик, получивших применение при устройстве кровель производственных зданий, приведены в табл. III.16.

Таблица III.6

Соотношение составляющих в холодных мастиках для устройства кровель (в % по весу)

Мастика	Битум с температурой размягчения 65°C	Лак кукерсольный	Соляровое масло	Керосин	Латекс СКС-30	Асбест	Известь или цемент
Битумно-кукерсольная	35—45	45—55	—	—	3	7	—
Холодная битумная с соляровым маслом	50—55	—	25—30	—	—	8—10	10—12
Холодная битумная с керосином	55—60	—	—	20—25	—	8—10	10—12

Холодные мастики можно готовить впрок и в необходимых количествах доставлять к месту назначения.

Для склеивания рулонных материалов холодной мастики расходуется примерно в 1,5 раза меньше, чем горячей. Это в некоторой степени компенсирует более высокую стоимость холодной мастики по сравнению с горячей.

Опыт показывает что наряду с положительными факторами применения холодных мастик пока еще не решены некоторые вопросы, вызывающие определенные трудности при устройстве кровель. Так, для лучшего склеивания рулонных материалов с основанием и между собой должна производиться послойная их наклейка с определенными интервалами времени; выдержка перед наклежкой последующего слоя должна быть не менее суток; в течение которых необходимо тщательно прикатывать полотнища рулонных материалов. Это снижает темпы выполнения кровельных работ. Присмыкания кровель к выступающим конструктивным элементам приходится выполнять с применением достаточно теплостойких горячих мастик.

Холодные мастики могут быть весьма полезны при выполнении ремонтных работ.

6. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ

Битумные и дегтевые мастики относятся к полимерным материалам, им свойственно старение, которое особенно активно протекает под световым и тепловым воздействием солнечной радиации. Поэтому в повышении срока службы кровель важную роль играют защитные слои. В большинстве случаев они выполняются из мелкого гравия (с фракцией от 3 до 15 мм), втопленного в кровельную мастику.

Защитный слой предохраняет водонепроницаемый ковер от механических повреждений, непосредственного воздействия солнечной радиации и других атмосферных факторов, повышая его долговечность. Гранулы гравия должны плотно прилегать друг к другу и между ними не должно оставаться зазоров, через которые могли бы проникать солнечные лучи (рис. III.10). Для устройства

Рис. III.10. Гравийные защитные слои

а — выполненные правильно (гравий втоплен в мастику примерно на половину диаметра); б — выполненные неправильно (гравий утоплен в мастику и не предохраняет ее от воздействия солнечной радиации); 1 — верхний слой водонепроницаемого ковра; 2 — кровельная мастика

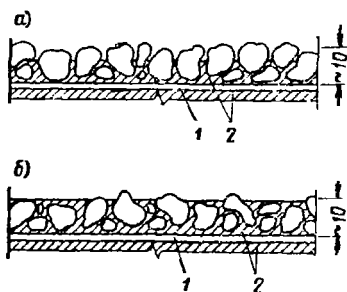




Рис. III.11. При устройстве защитного слоя по влажной поверхности водоизоляционного ковра защитный слой легко отслаивается (верхний снимок). На водонаполненных кровлях это может привести к всплыванию мастики (нижний снимок)

защитного слоя также применяется каменная крошка (мелкая щебенка) из гранита, доломита, известняка и других твердых пород, стойких к атмосферным воздействиям. Важно, чтобы гравий или другие материалы были чистыми (промытыми), сухими, без пыли и частиц глины. В тех случаях когда для устройства защитного слоя применяются запыленные или мокрые материалы, не происходит хорошей адгезии мастики к их поверхности и ухудшается совместная работа мастики и гравия в составе защитного слоя (рис. III.11).

Исследования трещиностойкости кровельных мастик в защитных слоях показывают, что гравий, втапливаемый даже в тугоплавкую мастику, служит жестким основанием, способствующим повышению ее трещиностойкости при отрицательных температурах. На рис. III.12 (слева) показан вид защитного слоя из мелкого гравия, втопленного в мастику с температурой размягчения 89°C . На рис. III.12 (справа) показан вид этой мастики без гравийного защитного слоя; за одинаковый период эксплуатации она покрылась трещинами.

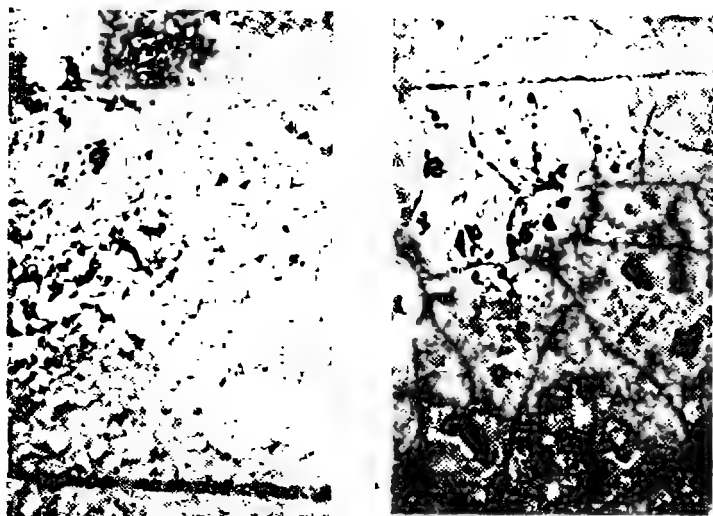


Рис. III.12. Мелкий гравий повышает трещиностойкость мастики. На снимке слева в защитном слое трещин не видно; в той же мастике, без гравийного слоя, видны трещины (снимок справа)

Уместно отметить, что в кровлях без защитного слоя, выполняемых, например, с применением кровельного рубероида, крупнозернистая посыпка на его лицевой поверхности менее эффективно предохраняет водоизоляционный ковер от воздействия солнечной радиации и других атмосферных факторов и совсем не предохраняет его от механических повреждений. Опыт эксплуатации таких кровель показывает, что во многих случаях большинство зерен крупнозернистой посыпки выветривается и смывается уже в первый сезон эксплуатации кровли.

Обмазки такого водоизоляционного ковра горячими битумами, часто практикуемые при ремонтах кровель, не могут быть признаны рациональными, так как в них относительно быстро появляются трещины. Для этой цели следует применять холодные мастики. Они размягчают нижележащие битумные слои и в такую мастику можно втапливать мелкий гравий, который хорошо защищает водоизоляционный ковер от атмосферных воздействий и солнечной радиации.

На кровли могут воздействовать заносимые ветром семена растений и различные бактерии. Корневая система растений из проросших семян может повреждать кровли и вызывать в них течи.

Против прорастания семян растений в ФРГ [33] широко практикуется добавка к битумам 1—3% пентахлорфенола, хотя, по данным ФРГ, пентахлорфенол ядовит, растворим в воде, летуч и со временем теряет свои свойства.

Более приемлемым антисептиком против прорастания являются продукты этерификации карбоновых кислот, содержащих хлор. На основании исследований, проведенных в ЦНИИПромзданий, разработаны составы битумных мастик, стойкие против прорастания, применяющиеся при устройстве плоских кровель.

Защитный слой выполняют, разливая мастику на рулонный водоизоляционный ковер, затем быстро наносят на нее мелкий гравий, применяя специальные приспособления для устройства защитного слоя (рис. III.13). Средняя толщина одного защитного слоя должна составлять 10 мм при толщине предварительно разливаемой мастики ~3 мм.

Если необходим второй защитный слой (для кровель, заполняемых водой), излишек гравия на первом защит-

ном слое следует сместить и после этого нижний защитный слой покрыть мастикой ($2,5\text{--}3 \text{ кг/м}^2$); на мастику сразу же наносят мелкий гравий. Общая толщина такого защитного слоя должна быть $\sim 20 \text{ мм}$.



Рис. III.13. Приспособления для устройства защитного слоя, применяемые в США

На эксплуатируемых участках кровель, которые используются как площадки для транспортирования, монтажа и обслуживания оборудования, защитный слой выполняют с цементно-песчаным раствором (обычного или армированного) и бетонными плитками; материалы эти должны быть достаточно морозостойкими. Практируется применение в качестве защитного слоя песчаного асфальтобетона. Толщину защитных слоев определяют из условия воздействия возможных нагрузок (но не менее 20 мм). Для обеспечения надежности такие защитные слои должны иметь температурно-усадочные швы, заполняемые легкоплавкими эластичными мастиками; расстояние между швами должно быть $\sim 1,5 \text{ м}$.

В климатических условиях ФРГ [55] расстояние между швами в защитном слое из цементно-песчаного раствора рекомендуется принимать в $2\text{--}3 \text{ м}$.

Швы в защитном слое могут быть образованы укладкой специальных реек, а при применении неармированного цементного раствора — разрезкой на квадраты схватившегося, но еще не затвердевшего раствора.



Рис. III.14. Вид кровель с защитным слоем из бетонных плиток
 а — тяжелый слой щебня б — тот же кварцевого песка

Бетонные плитки укладывают на цементно-песчаный раствор с зазором ~ 5 мм, который заполняют мастикой. В подстилающем цементно-песчаном растворе расстояние между температурными швами должно составлять не более 2 м; эти швы должны совпадать со швами в плитках.

Во всех случаях перед устройством защитного слоя водоизоляционный ковер необходимо покрывать слоем мастики толщиной ~ 2 мм.

Необходимо отметить, что при укладке бетонных плиток на дренирующий слой из гравия или кварцевого песка происходит заиливание кровель и прорастание их корнями растений (рис. III.14). Кроме того, бетонные плитки при нажиме на край выворачиваются и не являются достаточно прочным защитным слоем.

7. КОНСТРУКЦИЯ РУЛОННЫХ КРОВЕЛЬ

Конструкция кровель определяется числом слоев рулонных материалов в водоизоляционном ковре и видом защитного слоя.

В зависимости от уклонов кровли подразделяют на плоские (с уклоном $i < 2,5\%$) и скатные (с $i \geq 2,5\%$).

Плоские кровли имеют четырехслойный водоизоляционный ковер из дегтевых, гнилостойких или антисептированных битумных материалов и защитный слой из гравия, втопленного в дегтевую или в антисептированную против прорастания битумную кровельную мастику (рис. III.15).

В плоских кровлях, заполняемых водой, водоизоляционный ковер устраивают из четырех слоев толь-кожи и защищают двумя слоями гравия, втопленного в дегтевую кровельную мастику. При устройстве водонаполненных кровель предпочтение следует отдавать дегтевым кровельным материалам. Для устройства таких кровель применяются сочетания дегтевых материалов с битумными, а также битумные материалы, антисептированные против загнивания и прорастания.

Скатные кровли имеют трехслойный водоизоляционный ковер из битумных или дегтевых материалов. В настоящее время вместо двухслойного водоизоляционного ковра на уклонах более 15% рекомендуется устраивать трехслойный, более долговечный. Защитный слой в пологих скатных кровлях (с уклонами до 10%) выполня-

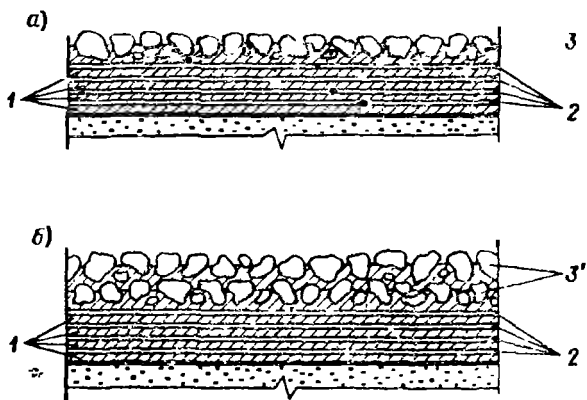


Рис. III.15. Конструкция плоских кровель
 а — не заполняемые водой; б — водонаполняемых: 1 — слой мастики; 2 — слой рулонных материалов; 3 — защитный слой из гравия, втопленного в мастику; 3' — два защитных слоя из гравия, втопленного в кровельную мастику

ют из гравия, втопленного в кровельную мастику (рис. III.16,а), а на кровлях с $i \geq 10\%$ водоизоляционный ковер можно устраивать с верхним слоем из рубероида, имеющего крупнозернистую или чешуйчатую посыпку (рис. III.16,б).

Водоизоляционный ковер плоских эксплуатируемых кровель выполняют из пяти слоев дегтевых или гнило-

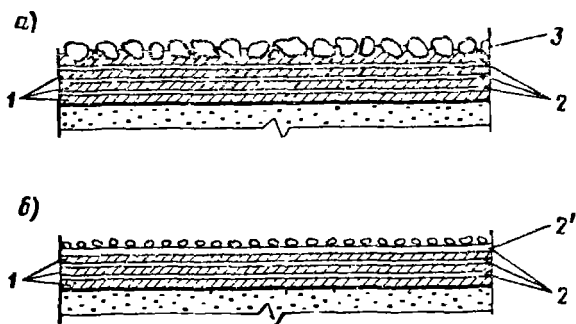


Рис. III.16. Конструкция скатных кровель
 а — на уклонах до 10%; б — на уклонах 10% и более; 1 — слой мастики; 2 — слой рулонных материалов; 2' — рулонный материал с крупнозернистой посыпкой; 3 — защитный слой из гравия, втопленного в мастику

стойких битумных кровельных материалов с устройством защитного слоя с учетом данных рекомендаций. Раствор должен быть не ниже марки 100. Швы между плитами должны заполняться легкоплавкими дегтевыми или битумными мастиками с повышенным (20—25% веса дегтевого или битумного вяжущего) содержанием волокнистого наполнителя либо битумно-резиновыми мастиками.

8. НАКЛЕЙКА РУЛОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основным критерием, определяющим качество наклейки рулонных материалов, является непрерывность склеивания раскатанных полотнищ по всей площади. Этому способствует ровность основания, применение достаточно горячих мастик и своевременная подготовка рулонных материалов к наклейке. Кроме этого, в процессе наклейки необходимо так прижимать рулонный материал к основанию, чтобы излишек мастики образовывал перед раскатываемым рулоном валик высотой 8—10 мм (рис. III.17,а).

В случае плохого склеивания рулонных материалов между собой (рис. III.17,б) (особенно когда на кровле

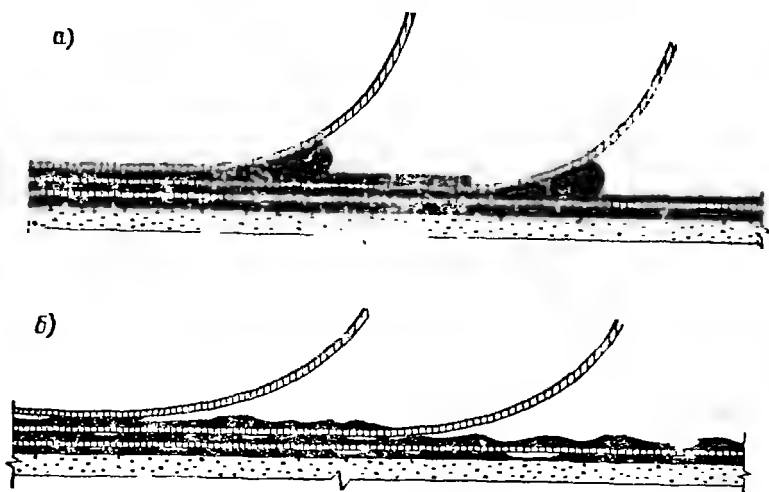


Рис. III.17. Наклейка слоев водонизоляционного ковра
а — правильно; б — неправильно

может задерживаться вода) в водоизоляционном ковре появляются дефекты в виде вздутий (рис. III.18).

Ввиду высокой трудоемкости работ по наклейке рулонных материалов были предложены различные машины — ковроукладчики. По способу выдачи мастики для наклейки рулонных материалов они могут быть подразделены на две группы:

- 1) у которых мастика подается равномерно под раскатываемый рулон;
- 2) у которых мастика подается на рулон.



Рис III.18. На участках кровель с неправильной наклейкой рулонных материалов появились дефекты, которые вскрыты для ремонта

Сравнительные испытания показали, что ковроукладчики первой подгруппы обеспечивают более качественное выполнение работ по наклейке рулонных материалов. Интересен ковроукладчик (разработанный ЦЭКБ стройавтоматики ЦНИИОМТП), в котором операции по выдаче и равномерному распределению мастики на наклеиваемую поверхность, а также по раскатке и приклейке с необходимым прижатием к основанию рулонных материалов механизированы. Этим агрегатом можно наносить мастику для устройства гравийного защитного слоя.

Ковроукладчик ЦЭКБ (рис. III.19) смонтирован на трехколесном самоходном шасси с электроприводом. Одно колесо является управляемым и передвигается по инвентарной направляющей рейке, а два — ведущие. На шасси установлен бак для мастики, которая может подогреваться при помощи ТЭНов. Внизу есть приспособление для выдачи и равномерного распределения мастики перед раскатываемым рулоном, который расположен на каретке и секционные катки совместно с электроуглем обеспечивают необходимое прижатие полот-

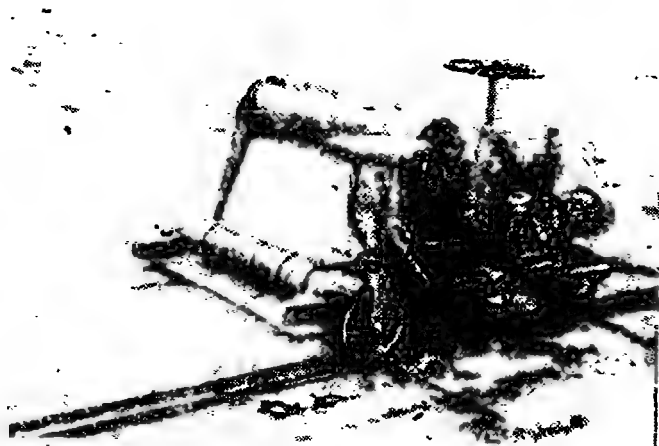


Рис. III.19. Машина конструкции ЦНИИОМТП для наклейки рулонных кровельных материалов

нища рулонного материала к основанию и приклеивание кромок. Ковроукладчик обслуживают два человека; за час им можно наклеить до 300 м^2 рулонных материалов.

Из других приспособлений, повышающих качество и производительность работ по наклейке рулонных материалов, представляет интерес каток-раскатчик (рис. III.20). Опыт устройства кровель показывает, что при применении таких катков темп наклейки рулонных материалов зависит в основном от скорости нанесения мастик на изолируемые поверхности [56].

Для устройства кровель Главмосстроем разработан высокопроизводительный способ подачи мастик при по-

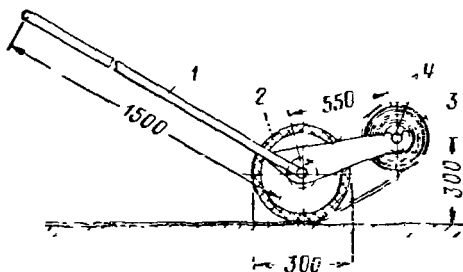


Рис. III.20. Каток-раскатчик

1 — ручка из трубы; 2 — каток с обмоткой
пятью слоями панцирной сетки; 3 — рулонный
материал; 4 — шарикоподшипники

мощи автогудронатора Д-251. Он имеет систему подогрева из жаровых труб и горелок испарительного действия, которые могут поддерживать необходимую температуру мастик. При помощи шестеренчатого насоса, который находится в цистерне, происходит перемешивание мастики или нагнетание ее в шланги, соединяющиеся с удочкой, имеющей два сопла с щелевыми прорезями, через которые наносят мастику впереди раскатываемого рулона (рис. III.21). Специализированная бригада кровельщиков из пяти человек может наклеивать за смену до 2800 м² однослойного ковра.

Однако из-за воздействия горячих битумных мастик шланги приходится довольно часто заменять.

По опыту Запорож-
алюминстроя мастику
впереди раскатываемого

Рис. III.21. Наклейка рулонных
материалов с нанесением мастики
через распылители-удочки, соеди-
ненные шлангами с автогудрона-
тором (трест Мосстроймеханиза-
ция № 4)

рулона можно наносить из перевозимых бачков с электроподогревом, которые оборудованы резиновыми гребками для разравнивания мастик

При нанесении мастик вручную заслуживают внимания комбинированные шпатели: ковш-шпатель и шпатель с резиновыми гофрами (рис. III.22). Они удобны в работе и дают возможность выполнять операции по разливу мастики и равномерному распределению ее внутри раскатываемого рулона [56].

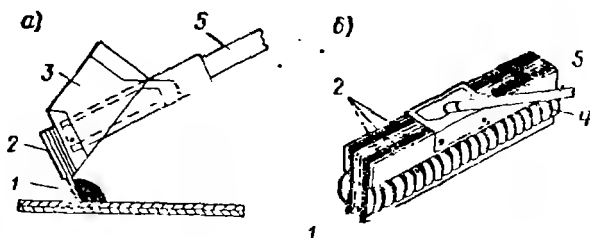


Рис. III.22. Комбинированные шпатели при нанесении мастик вручную

а - ковш-шпатель; б - шпатель с резиновыми гофрами для набора мастики; 1 - шпатель из резины; 2 - прижимная планка; 3 - ковш; 4 - гофрированная резина; 5 - ручка

Раскладка полотнищ рулонных материалов при устройстве кровель может быть ступенчатой или послойной. При ступенчатой раскладке в определенной последовательности (рис. III.23) наклеиваются одновременно все слои рулонных материалов. При этом каждый слой склеивается с основанием. Ширина этого склеивания зависит от количества и положения слоев в составе водоизоляционного ковра. Она составляет у четырехслойных кровель от 20 до 25 см, у трехслойных кровель, выполняемых с защитными слоями, от 30 до 32,5 см и у трехслойных с верхним слоем из кровельного рубероида — от 45 до 50 см.

При послойном методе на основание наклеивают нижний слой рулонного водоизоляционного ковра с нахлесткой полотнищ по ширине от 75 до 100 мм. На этот слой со сдвижкой швов наклеивают второй и все последующие слои (рис. III.24).

Ступенчатая наклейка дает экономию рулонных материалов, она дает лучшее склеивание; поэтому при выборе способа наклейки следует отдавать предпочтение

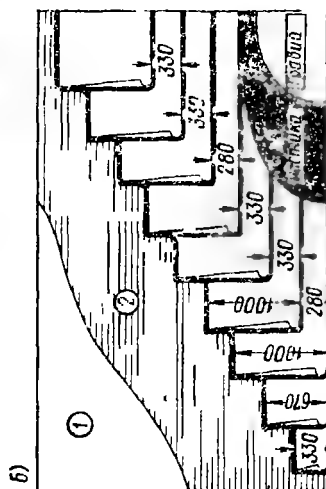
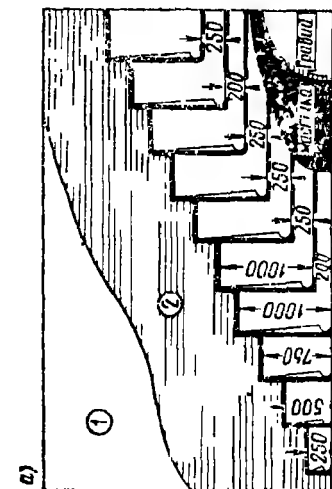


Рис. III-23. Ступенчатая наклейка полотнищ рулонных материалов
 а — при устройстве четырехслойного водонепроницаемого ковра; б — то же, трехслойного; 1 — основание под кровлю; 2 — грунтовка

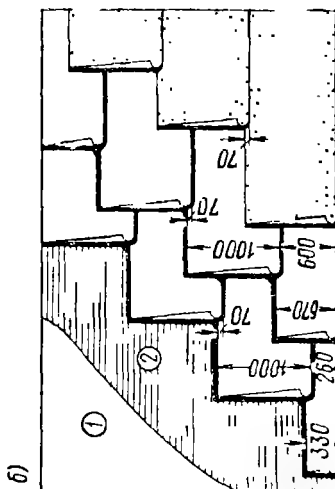
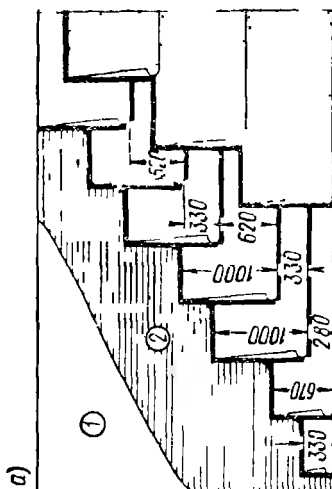


Рис. III-24. Наклейка полотнищ рулонных материалов при применении для верхнего слоя кровельного рубероида
 с — ступенчато-последняя; б — последняя; 1 — основание под кровлю; 2 — грунтовка

ступенчатому. Послойная наклейка может оказаться целесообразной, если по сложившимся условиям все слои кровли не могут быть выполнены в определенный срок.

При устройстве скатных кровель с уклонами до 15% раскатывать полотнища рулонных материалов надо поперек ската кровель, а при больших уклонах (в том числе и в покрытиях с сегментными фермами) — по скату. Перекрестная наклейка рулонных материалов не допускается.

Необходимо иметь в виду, что при перерывах в работе на беспокровные рулонные материалы следует наносить слой мастики. Работы по наклейке рулонных материалов и устройству защитных слоев целесообразно совмещать, чтобы избежать перерасхода мастики.

9. ДЕТАЛИ УСТРОЙСТВА РУЛОННЫХ КРОВЕЛЬ

Практика эксплуатации показывает, что дефекты рулонных кровель и протекание их наблюдаются чаще в местах примыканий кровель к выступающим конструктивным элементам, а также в ендовах, местах пропуска через кровлю труб и водосточных воронок.

Чтобы усилить основной рулонный водоизоляционный ковер, в местах примыканий устраивают дополнительный водоизоляционный ковер. Число слоев рулонных материалов, входящих в этот ковер, обычно соответствует числу их в основном ковре. Кровельным работам в этих местах должно предшествовать устройство переходных наклонных бортиков, затирка или штукатурка вертикальных поверхностей примыканий и их огрунтовка.

Слои рулонных материалов основного водоизоляционного ковра должны доводиться до верха переходных наклонных бортиков и надежно склеиваться между собой и с переходным наклонным бортиком. На плоских кровлях основной водоизоляционный ковер следует закреплять оцинкованными кровельными гвоздями через 200—250 мм, а слои дополнительного водоизоляционного ковра наклеивать кровельными мастиками повышенной теплостойкости.

Верхний край этого ковра закрепляют под кровлю на высоте 200—300 мм от основания, чтобы он не сполз

зал, и защищают фартуками из оцинкованной стали от затекания воды за ковер.

Способ крепления верхнего края дополнительного водоизоляционного ковра зависит от материалов, применяемых для устройства выступающих конструкций. К бетонным поверхностям ковер с защитным фартуком закрепляют методом пристрелки дюбелями металлической планки размером 4×40 мм; расстояние между дюбелями должно быть 600 мм (рис. III.25,а). Отдельные

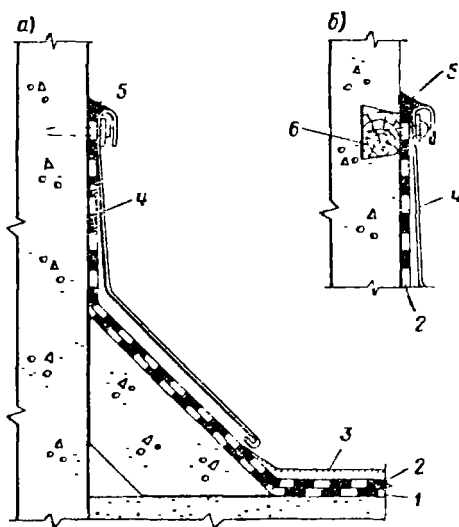


Рис. III.25. Пример устройства кровель у примыкания к бетонным поверхностям

1 — слой основного водоизоляционного ковра; 2 — слой дополнительного водоизоляционного ковра; 3 — защитный слой; 4 — защитный фартук; 5 — герметизирующая мастика; 6 — креозотированный деревянный брус

заготовки при устройстве защитных фартуков соединяют между собой одинарным лежащим фальцем. Нижний край защитных фартуков должен заходить на наклонные переходные бортики, а верхний край защитного фартука — отгибаться на прижимную планку. Шов между планкой и бетонной поверхностью примыкания заделывают герметизирующими мастиками марок УМ-40, УМС-50 и др.

В ряде случаев для крепления верхней части дополнительного водоизоляционного ковра может оказаться

целесообразным применение деревянных креозотированных брусков «ласточкин хвост». Их можно закладывать перед укладкой бетонной массы при формировании стеновых панелей. В этом случае водоизоляционный ковер и защитный фартук крепят совместно с металлической планкой, прижимаемой оцинкованными шурупами (рис. III.25,б).

В местах примыкания кровель к поверхностям из каменной (кирпичной) кладки водоизоляционный ковер и защитный фартук можно прибивать оцинкованными кровельными гвоздями к креозотированным деревянным рейкам, которые закрепляют к закладным брускам (рис. III.26). В этом случае часть каменной кладки вы-

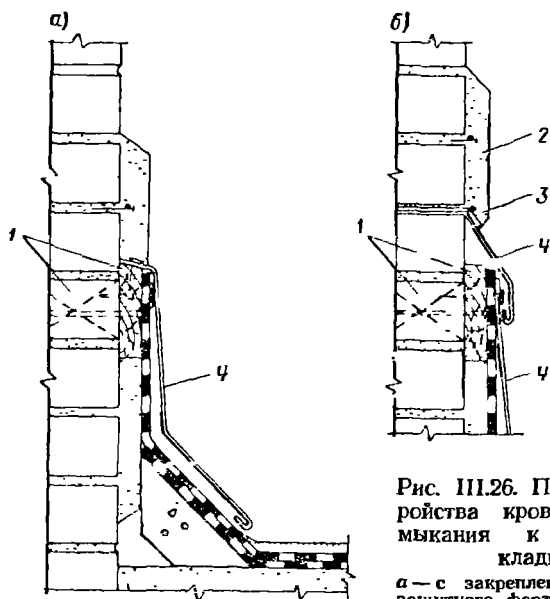


Рис. III.26. Пример устройства кровель у примыкания к каменной кладке

а — с закреплением края защитного фартука к креозотированной деревянной рейке; б — то же, к кладке; 1 — креозотированные деревянные детали; 2 — цементно-песчаная штукатурка; 3 — отогнутый анкер; 4 — защитный фартук из оцинкованной стали

ше защитного фартука необходимо штукатурить цементно-песчаным раствором. Защитный фартук можно закреплять в каменную кладку выше края водоизоляци-

онного ковра; это обеспечивает возможность ремонта слоев рулонного ковра у мест примыканий, а также облегчает устройство каналов, сообщающихся с наружным воздухом.

Упрощения, допускаемые при устройстве мест примыканий (наклейка кровельных материалов на неоштукатуренные поверхности, несвоевременное закрепление и защита верхнего края водоизоляционного ковра от затекания воды), не только снижают общее качество кровельных работ, но и вызывают дополнительные расходы на переделки.

Для устройства слоев дополнительного водоизоляционного ковра у мест примыканий кровель применяют специально приготовленные полотнища рулонных материалов длиной 1,5—2 м, которые наклеивают с нахлесткой по длине не менее чем на 100 мм. Температура битумных мастик для лучшей наклейки полотнищ должна быть не ниже 200°C, а дегтевых — 160°C. При более низких температурах слои мастик получают утолщенными и в процессе эксплуатации имеют тенденцию стекать, вызывая расслаивание рулонных материалов. Наклеенные полотнища в верхней части надо сразу же закреплять.

Повышение надежности рулонных кровель в местах примыканий в большой степени зависит от своевременного устройства защитных фартуков. Защитные фартуки не только предохраняют места примыканий кровель от затекания воды за водоизоляционный ковер, они также снижают тепловое воздействие солнечной радиации на водоизоляционный ковер и, следовательно, возможность стекания приклеивающих мастик. В условиях эксплуатации защитные фартуки снижают степень старения материалов дополнительного водоизоляционного ковра. Поэтому они должны полностью перекрывать вертикальные поверхности примыкания и заходить на наклонные переходные участки кровель. Укороченные фартуки не обеспечивают необходимой защиты мест примыканий от теплового воздействия солнечной радиации и не предохраняют кровельных материалов от светотеплового старения.

Вместо широко применявшихся ранее бетонных и армоцементных плит для отделки парапетов рекомендуются изделия из оцинкованной кровельной стали и алюминиевых сплавов (рис. III.27). Металлические заго-

говки соединяются между собой лежащим односторонним фальцем. В местах примыканий кровель при пониженном расположении парапетных стеновых панелей устраивают наклонные переходные участки кровель из легкого бетона до верха панелей. При устройстве кровель с повышенным расположением верхней части парапетных

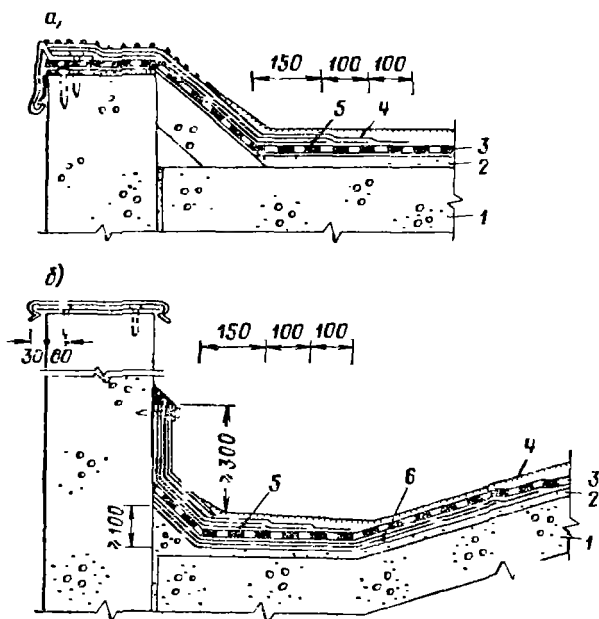


Рис. III.27. Пример примыкания кровель к парапетам

1 — теплоизоляционный слой; 2 — основание под кровлю; 3 — слои основного водонепроницаемого ковра; 4 — защитный слой; 5 — слои дополнительного водонепроницаемого ковра; 6 — два дополнительных слоя рулонных материалов в местах ендов

панелей защитный фартук и отделку парапетной стенки выполняют из отдельных заготовок (рис. III.27,б), которые соединяются между собой отгибом фальца. Если высота парапетных стенок превышает 600 мм, рекомендуется выполнять кровли по приведенным выше примерам примыканий к выступающим стенам.

В современных зданиях, характеризующихся большими площадями застройки, примыкания кровель к деформационным швам имеют значительную протяжен-

ность. Деформационные швы выполняют с разделительными стенками, между которыми укладывают теплоизоляцию из стекловолокнистых материалов. Швы имеют компенсаторы из оцинкованной кровельной стали, которые выполняют гидроизоляционную (верхний) и пароизоляционную (нижний) функции (рис. III.28).

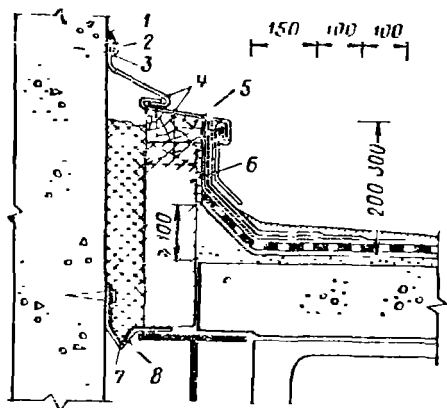


Рис. III.28. Пример устройства кровель в местах примыкания к деформационным швам с разделительными стенками

1 — герметизирующая мастика; 2 — дюбеля через 600 мм; 3 — металлическая планка 4×40 мм; 4 — защитные фартуки; 5 — креозотированный деревянный брус; 6 — кирпичная стенка; 7 — пароизоляция; 8 — компенсатор из оцинкованной стали

Разделительные стенки в таких швах выполняют из кирпичной кладки и в верхней части заподлицо со штукатуркой закрепляют деревянные антисептированные бруски, имеющие скос от середины шва с уклоном 15—20%. Высота стенок над основанием под кровлю составляет 200 мм, а в кровлях, заполняемых водой, — 300 мм.

Как и в других местах примыкания кровель, у стенок деформационных швов делают наклонные переходные бортики. Полотнища дополнительного водоизоляционного ковра наклеивают вслед за устройством основного водоизоляционного ковра. Верхний край полотнищ дополнительного ковра закрепляют к деревянным брускам оцинкованными кровельными гвоздями. Чтобы в наклеенных полотнищах не появлялось разрывов, если стенки деформационных швов оклеивают сверху, посередине шва (между стенками) делают небольшую складку. В ряде случаев такая оклейка желательна, так как дает возможность предохранить деревянные бруски и другие материалы, применяемые для устройства деформационных швов, от увлажнения.

При установке защитных фартуков и верхнего компенсатора следует обращать внимание на их правильное соединение и закрепление. Сначала к деревянным брускам прибивают оцинкованными кровельными гвоздями через 200—250 мм защитные фартуки. Затем устанавливают и соединяют между собой лежащим фальцем металлические заготовки верхнего компенсатора. Надежное их соединение с защитным фартуком производится при помощи отгибаемого вниз фальца.

Применяемые в деформационных швах деревянные бруски не должны иметь высокую влажность, в противном случае они будут коробиться и изменять уклон верхних компенсаторов в обратную сторону.

На рис. III.28 показано крепление верхнего компенсатора при помощи прижимной металлической планки и дюбелей. Это крепление может выполняться и так, как показано на рис. III.25.

При сооружении производственных зданий с применением унифицированных типовых секций (УТС) предусматриваются деформационные швы с выкружкой из сварных стальных листов толщиной 3—4 мм (рис. III.29). Компенсатор в виде металлической выкружки выполняет пароизолирующую и несущую функции. Для обеспечения устойчивости его сваривают с закладными деталями в несущих железобетонных плитках. На выкружку приклеивают эластичный утеплитель, и на него укладывают с нахлесткой 20—30 мм листы оцинкованного кровельного железа.

В местах примыканий к таким швам основание под кровлю также имеет подъем не менее 100 мм. Чтобы не было сцепления материалов, применяемых для устройства выравнивающей стяжки с листами оцинкованного железа, между ними прокладывают насухо полосу из кровельного материала. Первый слой полотнищ рулонных материалов на оцинкованное железо и на наклонные переходные участки основания под кровлю укладывают насухо. Последующие два слоя дополнительного водоизоляционного ковра (стеклоткань) наклеивают кровельными мастиками. По деформационному шву должен быть выполнен защитный слой по аналогии с применяемым на основных участках кровель.

На покрытиях зданий часто устанавливают вентиляционные шахты, обшитые асбестоцементными листами. Результаты обследования показывают, что в ряде случа-

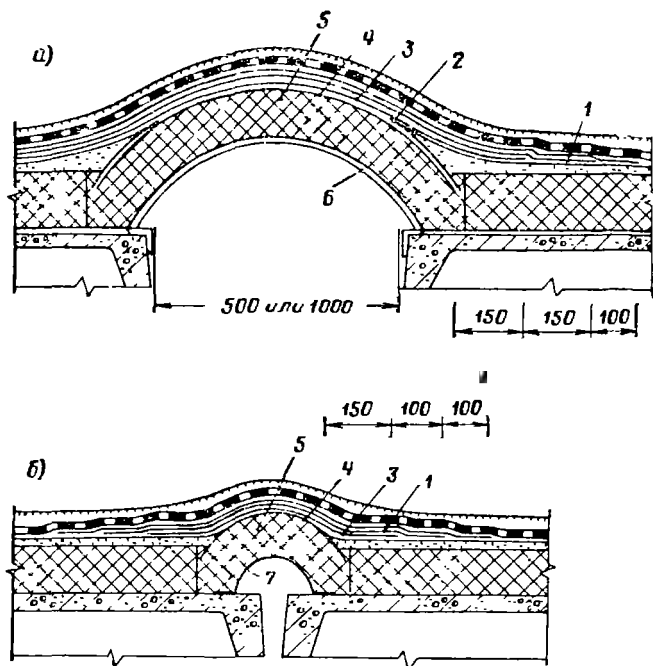


Рис. III.29. Примеры устройства кровель в местах примыкания к деформационным швам с выкружками из стальных листов

a — при наличии вставки шириной 500—1000 мм; *б* — то же, без вставки; 1 — слой дополнительного водоизоляционного ковра; 2 — полоса рубероида шириной 300 мм; 3 — руберонд, укладываемый насухо; 4 — выкружка из оцинкованной кровельной стали; 5 — эластичный утеплитель; 6 — вставка из листовой стали толщиной 3—4 мм; 7 — вставка из оцинкованной кровельной стали

ев сопряжения этих обшивок с кровлями неудачны. Особенно осложняется устройство примыканий кровель к асбестоцементным обшивкам панелей с минераловатным утеплителем. Если обшивка из асбестоцементных листов выполняется по дощатому основанию, необходимо к этому основанию сначала закрепить защитные фартуки, а асбестоцементные листы закрепить с нахлесткой на защитный фартук (рис. III.30,а). У примыканий кровель к асбестоцементной обшивке панелей с минераловатным утеплителем защитный фартук лучше всего приклеивать к наружной обшивке (рис. III.30,б). Для этого могут быть использованы фартуки из поливи-

нилхлорида или из винипласта и клей Н-88. Отдельные листы этих материалов необходимо сваривать между собой.

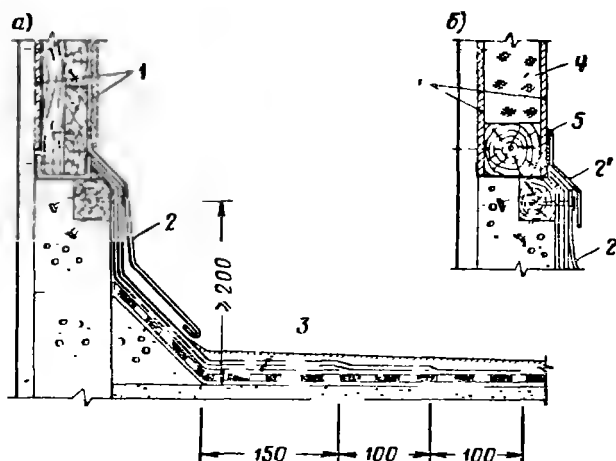


Рис. III.30. Примеры устройства кровель у примыканий к обшивкам вентиляционных шахт с асбестоцементными листами

1 — асбестоцементные листы; 2 — защитный фартук из оцинкованной стали; 2' — то же, из винипласта или поливинилхлорида, склеенный с асбестоцементной облицовкой; 3 — слой дополнительного водоизоляционного ковра; 4 — минераловолоочные плиты; 5 — герметизирующая мастика

В местах пропуска через покрытия труб устанавливают патрубки из чугуна, стали или из поливинилхлорида высотой 200—300 мм над основанием под кровлю. Так сохраняется гидроизоляция при возможных деформациях покрытия. Между пропускаемой трубой и патрубком делается набивка из просмоленной пакли. Патрубки должны иметь фланцы для устойчивого их крепления к несущим плитам покрытий. Кровли в этих местах могут выполняться с подъемом основного водоизоляционного ковра и усилением его полотнищами дополнительного рулонного ковра (рис. III.31,а), которые должны наклеиваться на мастиках с повышенной теплоустойчивостью и закрепляться к деревянным закладным креозотированным деталям.

Для усиления кровель герметизирующими мастиками устанавливают рамку из неравнобоких уголков, ко-

торая ограничивает растекание мастик, и пространство между уголком и патрубком заполняют герметизирующими мастиками марки изол Г-М или УМ-40. Устройство слоев дополнительного водоизоляционного ковра в месте установки рамки показано на рис. III.31,б.

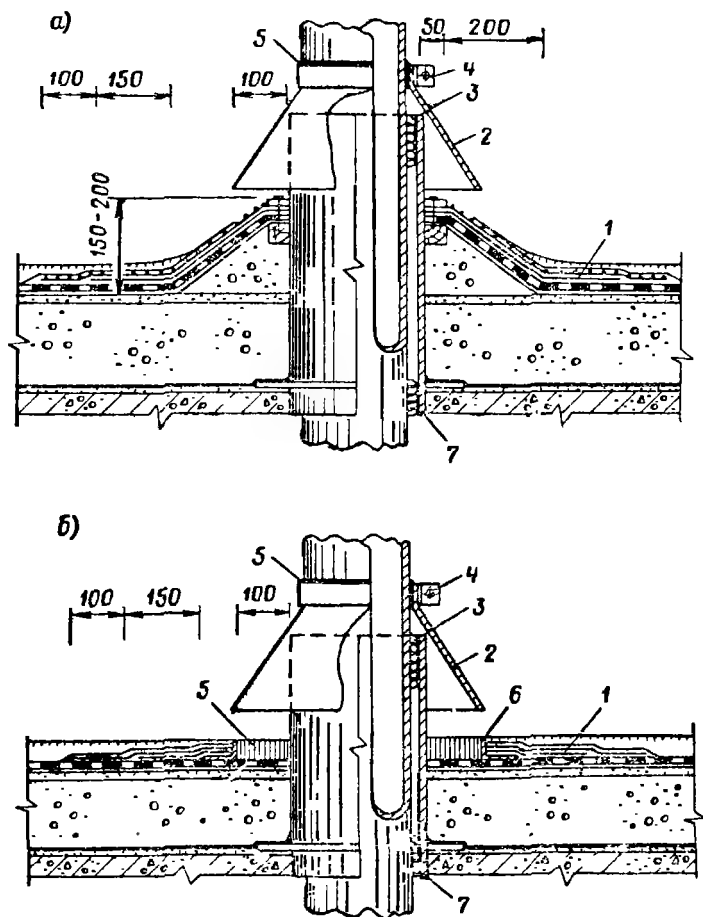


Рис. III.31. Примеры устройства кровель у примыкания к трубам

1 — слои дополнительного водоизоляционного ковра; 2 — зонт из оцинкованной кровельной стали; 3 — просмоленная пакля; 4 — хомут; 5 — герметизирующая мастика; 6 — рамка из уголков 20×32 мм; 7 — стакан с фланцем

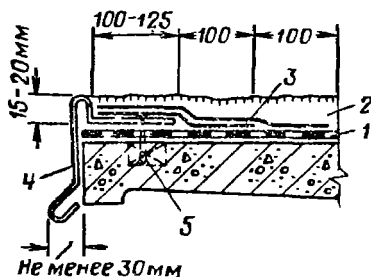
Подъем водоизоляционного ковра в местах пропуска труб на водонаполненных кровлях должен составлять не менее 200 мм. Меньший подъем создает опасность затекания воды между пропускаемой трубой и патрубком.

Места крепления анкерных болтов к плитам можно выполнять с подъемом водоизоляционного ковра или усиливать их герметизирующей мастикой (по аналогии с местами пропуска через кровли труб). В случаях когда анкерные болты необходимо закреплять на кровле, заполняемой водой, необходимо устраивать бетонную призму высотой 200 мм над основанием под кровлю. Кровли в таких местах устраивают по аналогии с примыканиями кровель к другим выступающим конструкциям. Зазор между анкерным болтом и отверстием в защитном фартуке может быть изолирован пайкой или наклеиванием стеклоткани, например, на эпоксидном клее.

В кровлях с наружными водостоками карнизный участок усиливают двумя дополнительными слоями рулонных материалов. Они должны заходить на металлическую отделку карнизного свеса и склеиваться с основным водоизоляционным ковром (рис. III.32). В тех случаях когда кровли выполняют без защитного слоя, сначала наклеивают дополнительные слои рулонных материалов, после этого закрепляют карнизный слив и наклеивают кровельные материалы основного водоизоляционного ковра.

Рис. III.32. Пример устройства кровель на участках карнизных свесов

1 — основной водоизоляционный ковер; 2 — защитный слой; 3 — слои дополнительного водоизоляционного ковра; 4 — сливной фартук из оцинкованной кровельной стали; 5 — креозотированные деревянные вкладыши для крепления сливного фартука



В кровлях с небольшим выносом карниза (до 20 см) из кирпича металлические карнизные свесы крепят ко-стылями, прибиваемыми к закладным антисептированным деревянным деталям.

Чтобы повысить надежность в пониженных местах скатных кровель — ендовах, слои основного водонизоляционного ковра по ширине 1,5—2 м усиливают дополнительным рулонным ковром из двух слоев кровельных материалов и защищают слоем из мелкого гравия, втпленного в кровельную мастику (рис. III.33). По ендовам

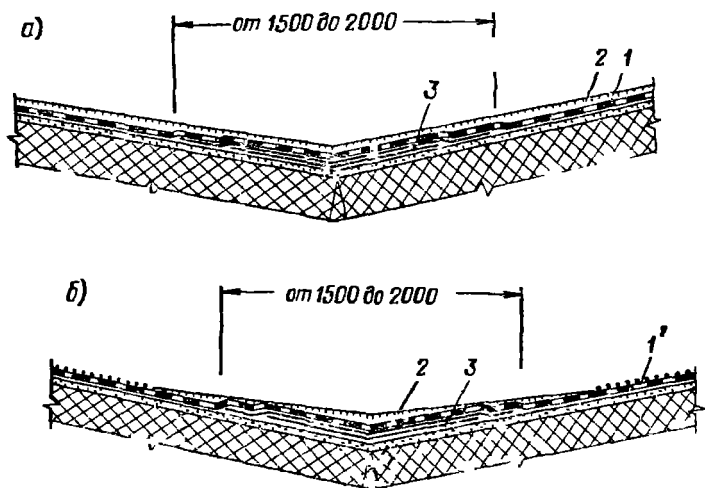


Рис. III.33. Примеры устройства кровли в ендовах
 а — с защитным слоем; б — без защитного слоя; 1 — слои основного водонизоляционного ковра; 1' — то же, с верхним слоем из рубероида с крупнозернистой посыпкой (на уклонах $i > 10\%$); 2 — защитный слой; 3 — слои дополнительного водонизоляционного ковра

кровель, основные плоскости которых выполняются с одним гравийным защитным слоем, необходимо устраивать дополнительный гравийный защитный слой, втпленный в кровельную мастику (по типу водонаполненных кровель).

Требование по существенному повышению капитальности рулонных кровель по ендовам вызывается тем, что эти участки подвержены наиболее длительному воздействию атмосферного увлажнения, а при отсутствии защитного слоя кровли по ендовам значительно быстрее приходят в негодность, чем на основных плоскостях покрытий.

В местах пропуска через кровлю воронок внутренних водостоков слои основного водоизоляционного ковра должны заходить за водоприемную чашу. На плоских кровлях они усиливаются дополнительным ковром из двух мастичных слоев, армированных стекломатериалами (стеклосеткой или стеклохолстом) (рис. III.34).

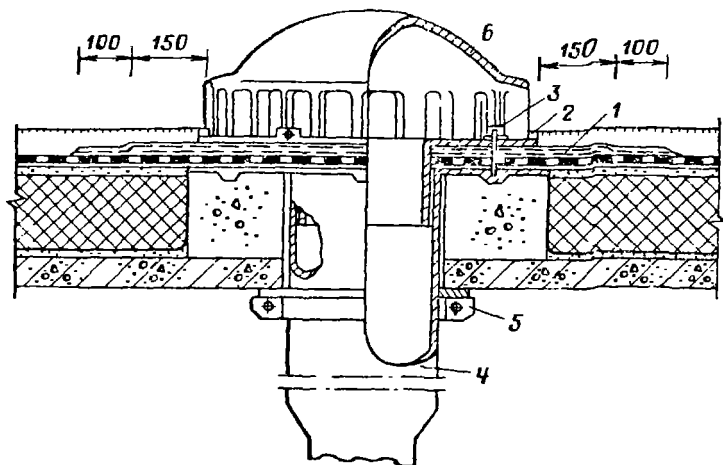


Рис. III.34. Пример устройства кровли у примыкания к водосточной воронке

1 — слои дополнительного водоизоляционного ковра; 2 — прижимное кольцо; 3 — накидная гайка с шайбой; 4 — чаша водоприемной воронки; 5 — зажимной хомут; 6 — водоприемный колпак с глухой крышкой

В скатных кровлях слои дополнительного водоизоляционного ковра, усиливающие ендову, также должны заходить на чашу водоприемной воронки. По основному водоизоляционному ковра устраивают один мастичный слой, армированный стекломатериалом. Прижимной фланец устанавливают на горячей или холодной мастике и притягивают к чаше водоприемной воронки накидными гайками.

Устанавливать чаши водосточных воронок надо с местным понижением на 20—30 мм в радиусе примерно 1 м, чтобы после усиления основного водоизоляционного ковра, установки прижимного фланца и устройства гравийного защитного слоя был беспрепятственный отвод воды с кровель. Чаши водоприемных воронок необходи-

мо надежно крепить к плитам покрытия металлическими хомутами.

Место соединения водоотводящих патрубков со стояками (с надежной изоляцией от протекания в них воды) должно быть подвижным. При этом условии обеспечивается надежность кровель в местах примыкания к водосточным воронкам при деформации плит покрытий от воздействия временных нагрузок.

10. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА РУЛОННЫХ КРОВЕЛЬ

В послевоенный период при сооружении производственных зданий широкое распространение получили рубероидные и рубероидно-пергаминовые кровли с верхним слоем из рубероида с крупнозернистой или с чешуйчатой посыпкой. Результаты обследования показывают, что эти кровли обладают относительно низкими эксплуатационными качествами и требуют частых ремонтов. Часть посыпки на лицевой поверхности рубероида смывается водой уже в первые месяцы эксплуатации и в покровном слое появляются каверны, микротрещины и другие дефекты, которые способствуют усадке картонной основы и образованию складок. Эти явления происходят потому, что в процессе изготовления рулонных материалов не происходит полного насыщения картонной основы битумами и чем меньше это насыщение, тем быстрее могут развиваться дефекты в верхнем слое рулонного ковра.

Последовательность развития дефектов в кровлях с верхним слоем из рубероида с крупнозернистой посыпкой из кварцевого песка можно проследить на примере кровель, эксплуатирующихся в Тбилиси. На участке кровли одного из зданий камвольно-суконного комбината «Советская Грузия» через пять месяцев эксплуатации (рис. III.35) усадочные явления в картонной основе рубероида вызвали уменьшение продольной нахлестки полотнищ почти на 2 см. Затем на таких кровлях проявляются отдельные поперечные и продольные складки. На рис. III.36 показан вид кровли на одном из зданий этого комбината через два года после устройства. На поверхности кровли видны складки и вздутия. К четвертому-пятому году эксплуатации поперечные и продольные складки распространяются по всей площади



Рис. III.35. Вид усадки в кровельном рубероиде через пять месяцев эксплуатации

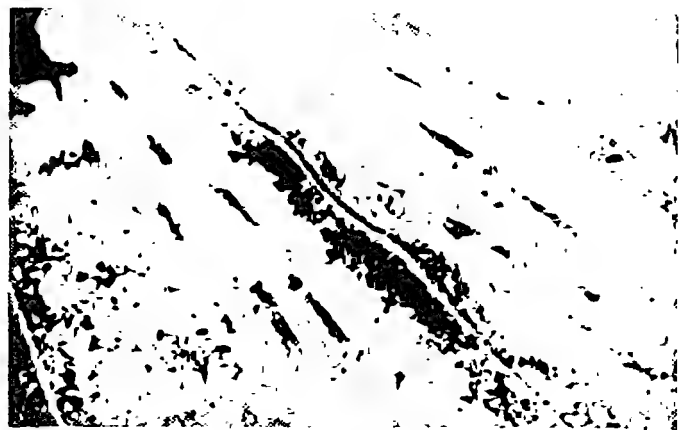


Рис. III.36. Вид усадки в кровельном рубероиде спустя два года эксплуатации



Рис. III.37. Вид кровли после пяти лет эксплуатации



Рис. III.38. Складчатость кровельного рубероида на шедовом покрытии после пяти лет эксплуатации. В средней части отмечены полотнища рубероида с минеральной посыпкой из сланцевой гали

кровли (рис. III.37), и она требует капитального ремонта.

Увеличение уклона кровель не снижает усадочных явлений в полотнищах рубероида. На рис. III.38 показан вид рубероидной кровли на крутых участках шедового покрытия тбилисской трикотажной фабрики. После пяти лет эксплуатации на кровельном рубероиде почти не осталось песчаной посыпки, и эта кровля (как и пологие аналогичной конструкции) покрылась поперечными и продольными складками.

В некоторых случаях из-за усадки картонной основы налестка полотнищ кровельных материалов расходится, и в образовавшиеся щели может попадать вода.

Результаты обследований показывают, что не все виды минеральных посыпок так быстро смываются с поверхности рубероида, как песок. На кровле того же шедового покрытия наклеены полотнища рубероида с минеральной сланцевой крошкой (сланцевой галью) темно-серого цвета крупностью зерен 2—4 мм. Такая посыпка значительно лучше удерживается на поверхности рубероида. Дефекты на этом участке значительно меньше выражены.

По-видимому, плохая адгезия кварцевого песка к битуму вызывается значительной разницей в коэффициентах линейного расширения этих материалов, сильным различием их гидрофильности, а также наличием расклинивающего действия пленочной воды, попадающей в процессе эксплуатации кровель в места контакта песка с битумом.

Наблюдения показывают, что быстрое развитие усадочных деформаций в рулонных материалах связано с потерей бронирующей посыпки с лицевой поверхности рубероида. В местах, где находилась крупнозернистая посыпка, вода сравнительно легко проникала к картонной основе кровельных материалов. Попеременное увлажнение и высыхание картонной основы приводит к усадке кровельных материалов, они могут покоробиться, и даже загнить.

Вода может легко проникать к картонной основе кровельных материалов и по трещинам, которые образуются в покровном лицевом слое кровельного рубероида при раскатывании его вследствие недостаточной гибкости мастик, применяемых для изготовления рубероида. Трещины появляются особенно много в кровлях, устраи-

ваемых в холодный период времени (ниже 10°C). Все эти дефекты свидетельствуют о необходимости своевременного выполнения ремонтных работ.

Чтобы повысить стойкость рулонных кровель без защитных слоев против атмосферных воздействий, необходимо существенное улучшение качества применяемых кровельных материалов, которое должно быть основано на:

- повышении степени пропитки картонной основы кровельных материалов;

- применении для покровных слоев мастик, обладающих достаточной гибкостью;

- применении крупнозернистых посыпок, имеющих в условиях эксплуатации надежную адгезию к битумам.

По данным опроса ста предприятий различных отраслей промышленности установлено, что ежегодно ремонтируется около 23% рулонных кровель [59]. Срок службы рулонных кровель в среднем не превышает пяти лет. По расчетным данным НИИАсбестцемента, предполагается, что в результате повышения качества кровельных материалов, улучшения кровельных работ и эксплуатации срок службы рулонных кровель, уложенных после 1960 г., будет увеличен до семи лет.

Опыт строительства и эксплуатации рулонных кровель показывает, что срок их службы может быть значительно повышен благодаря применению специальных защитных слоев.

Над зданием московского троллейбусного депо им. Щепетильникова в 1908 г. была сделана плоская кровля из четырех слоев толь-кожи на дегтевых мастиках с защитным слоем из мелкого гравия. Двускатная кровля с уклоном $\sim 2,5\%$ имеет площадь около 10 тыс. м². По этой площади равномерно установлены зенитные Δ -образные фонари. За весь период эксплуатации кровля ни разу не ремонтировалась; в удовлетворительном состоянии находится она и сейчас. Пробы дегтевой мастики, взятые с этой кровли, показали температуру размягчения по методу «кольцо и шар» 50—51°C и мало отличаются от температуры размягчения дегтевых мастик, рекомендуемых в настоящее время для устройства таких кровель.

Краснопресненское трамвайное депо в Москве имеет такую же конструкцию кровли, и за 58 лет эксплуатации она также не ремонтировалась.

Над цехом разделения воздуха химического комбината в Чирчике (вблизи Ташкента) в 1939 г. была построена скатная кровля с уклоном $\sim 5\%$ из трех слоев пергамина на битумных мастиках с защитным слоем из мелкого гравия, втопленного в мастику. Несмотря на агрессивность внешней среды, эта кровля за 26 лет эксплуатации не ремонтировалась и находится в удовлетворительном состоянии. Защитный слой на этой кровле имеет толщину примерно 8 мм. При тщательном обследовании в нем не установлено каких-либо дефектов. Следует отметить, что в коньковой части, где битумная мастика не покрыта гравием, кровля покрылась трещинами.

Работники эксплуатационной службы комбината отмечают, что кровли из двух слоев пергамина и рубероида с крупнозернистой посыпкой, работающие в аналогичных условиях, приходится заменять примерно через шесть лет.

В 1939 г. над цехом № 4 обувного предприятия «Исани» в Тбилиси построена плоская кровля с уклоном примерно $3,5\%$ из трех слоев пергамина на битумных мастиках с защитным слоем из мелкого гравия, втопленного в битумную кровельную мастику (рис. III.39).



Рис. III.39. Вид кровли цеха № 4 обувного предприятия «Исани» после 25 лет безремонтной эксплуатации

При обследовании установлено, что за 25 лет эксплуатации кровля не ремонтировалась и находится в удовлетворительном состоянии.

Кровли соседних цехов из пергамина и рубероида с крупнозернистой посыпкой капитально ремонтируются через четыре—шесть лет. Вид такой кровли на одном из цехов этого предприятия спустя пять лет после замены показан на рис. III.37. На поверхности кровли видны складки и вздутия, в которые легко попадает вода. Кровля протекает и снова требует капитального ремонта.

Перечень долголетней службы кровель с защитным гравийным слоем можно продолжить. В этой связи представляют интерес конструкции кровель, применяемые за рубежом.

Анализ массовых конструкций кровель в США, Канаде, Франции, ФРГ, Финляндии и других странах показывает, что плоские и малоуклонные скатные кровли с применением рулонных материалов, на которые строительные фирмы дают значительные гарантийные сроки, выполняются многослойными (от трех до пяти слоев) и обязательно с гравийными защитными слоями. В большинстве стран защитный слой выполняется из мелкого гравия (или каменной крошки), втопленного в кровельную мастику.

Американские фирмы рекомендуют устраивать защитные слои из гравия (или шлака), втопленного в мастику на кровлях с уклонами до 16%.

Нормами ФРГ [45] предусматривается необходимость устройства защитного слоя из гравия с фракцией зерен 3—7 мм, который втапливают в мастику примерно наполовину, а на кровлях с уклоном менее 5% предусматривается устройство двух защитных слоев. Считается, что наилучшей формой ухода за кровлями является создание на них гравийного защитного слоя, втапливаемого в холодную мастику.

Во Франции гравийный защитный слой крупной фракции (15—30 мм) в мастику не втапливают, а рассыпают ровным слоем по водонепроницаемому ковру, предварительно окрашенному кровельной мастикой [60].

Кроме гравийного защитного слоя в некоторых странах часто применяют литой асфальт. Защитные слои из гравия и литого асфальта выполняют на уклонах до 8%, а кровли из асфальта — не более 6% [61].

Положительный опыт применения литого асфальта в

качестве защитного слоя плоских рулонных кровель есть и у нас. В течение шести лет успешно эксплуатировался участок кровли ГПЗ-1 в Москве, выполненный из трех слоев рубероида с защитным слоем из литого асфальта толщиной 15—25 мм. Литой асфальт укладывали зимой. В состав асфальтовой смеси входили: 9—10% битума БН—ПІ, 17—19% минерального порошка и 75—71% песка. Специальные температурные швы в защитном слое не выполнялись и в нем появились небольшие трещины, которые были залиты весной легкоплавким битумом.

В последующие годы эксплуатации трещины не появлялись. Прежде же эту кровлю приходилось почти ежегодно ремонтировать, и отдел эксплуатации завода считает, что устройство асфальтового защитного слоя радикально повысило долговечность кровли и позволило использовать ее для перемещения грузов, временного складирования материалов и других целей.

Примеры успешного применения литого асфальта в качестве защитных слоев рулонных кровель есть в Батуми (кинотеатр), в Тбилиси (телестудия) и др.

Приведенные выше факты показывают, что для производственных зданий массового строительства целесообразнее применять кровли с гравийным защитным слоем. Этому способствует не только доступность материалов, но и существенная экономия кровельных материалов и средств, расходуемых обычно для ремонтных работ по поддержанию в исправном состоянии менее долговечных кровель без защитного слоя.

II. МАСТИЧНЫЕ КРОВЛИ, АРМИРОВАННЫЕ СТЕКЛОМАТЕРИАЛАМИ

Применение стекломатериалов в кровлях является одним из перспективных направлений повышения их надежности и долговечности. Как и в кровлях из рулонных материалов с картонной основой, в мастичных кровлях гидроизолирующую функцию выполняет слой мастики, а стекломатериалы армируют эти слои, повышая их трещиностойкость. Будучи гнилостойкими, ненабухающими и достаточно прочными, они способны обеспечивать мастичному водонепроницаемому ковру длительные условия эксплуатации.

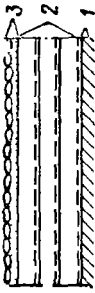
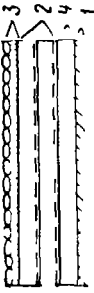
Стекломатериалы, применяемые в кровлях, можно подразделить на тканые и нетканые. К тканым относятся различные виды стеклотканей и стеклосетка. Стеклоткани имеют довольно плотное полотно и наклеиваются аналогично обычным рулонным материалам с картонной основой. Стеклосетка марки ССС (ВТУ 97—64) имеет более редкое полотно, и при устройстве кровли с ее применением мастику наносят по предварительно раскатанному полотнищу стеклосетки. Чтобы удалить пузырьки воздуха из мастики, наносимой на стеклосетку, каждый слой мастики надо разравнивать три-четыре раза [62]. Тканые материалы имеют относительно высокую стоимость, и в массовом строительстве их применение может быть рациональным при уменьшении количества таких слоев в кровлях, что достигается применением мастик или эмульсий с повышенными гидроизоляционными качествами.

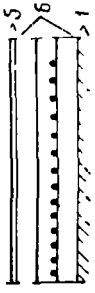
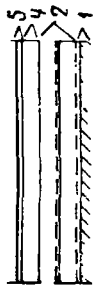
В последнее время на ряде заводов стеклоизделий (в г.г. Ивота, Константиновка, Саратов) для выполнения гидроизоляционных работ освоено производство стеклохолстов (по МРТУ 6-11-3-64) из беспорядочно расположенных штапельных волокон, склеенных между собой полимерными материалами. Штапельные волокна получают из стекломассы высокопроизводительным непрерывным методом раздува стекла, и плановая стоимость стеклохолстов ниже не только стеклотканых, но и рулонных кровельных материалов. Стеклохолст хорошо пропитывается горячей битумной мастикой. Выпускается он в рулонах шириной 1—1,2 м, длиной 100—150 м.

В ЦНИИПромзданий разработаны конструкции и приемы устройства кровель [49, 50] из горячих битумных и битумно-резиновых мастик, армированных двумя или тремя слоями стеклохолста марки ВВ-Г с весом 60—80 г/м², и из битумно-латексной эмульсии, армированной стеклосеткой марки ССС. В зависимости от уклонов и вида применяемых материалов конструктивные решения мастичных кровель и расход основных материалов, необходимых для их устройства, приведены в табл. III.7.

Горячие битумные мастики готовят с применением волокнистого наполнителя из низкосортного асбеста. Горячие битумно-резиновые мастики готовят из битума и мелкой резиновой крошки с добавкой волокнистого наполнителя [50]. Чтобы получить однородный состав,

Конструкции мастичных кровель и расход основных материалов

Кровля	Тип	Конструктивная схема	Материал	Расход основных материалов на 100 м ² кровли			
				мастики или эмульсии в кг	стекло-материала в м ²	гравия в м ²	краски АЛ-177 в кг
Плоская $0 \leq i < 2,5$	К-1		Мастика битумная	900	330	1	—
			Мастика битумно-резиновая	990	330	1	—
Скатная $2,5 \leq i < 10$	К-2		Мастика битумная	900	220	1	—
			Мастика битумно-резиновая	990	220	1	—

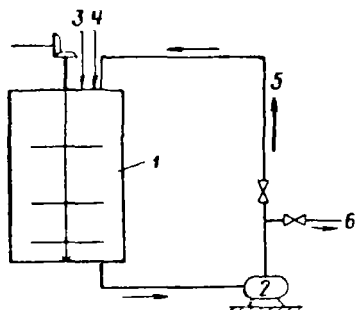
Кровля	Тип	Конструктивная схема	Материал	Расход основных материалов на 100 м ² кровли			
				мастики или эмульсии в кг	стекло-материала в м ²	гравия в м ³	краски АЛ-177 в кг
Скатная $10 \leq i \leq 2,5$	К-3		Мастика битумная Мастика битумно-резиновая	680	220	1	—
				740	220	1	—
Скатная $15 \leq i \leq 2,5$	К-4		Мастика битумная	680	220	—	6
			Мастика битумно-резиновая	740	220	—	6
	К-5		Эмульсия битумно-латексная	680	110	—	6

Элементы кровли: 1 — основание под кровлю; 2 — слои мастичного водонепроницаемого ковра, армированные стеклохолстом (стекловолокном) ВВ-Г; 3 — защитный слой из гравия, втопленного в мастику; 4 — неармированный слой мастики; 5 — покраска АЛ-177; 6 — слои битумо-латексной эмульсии, армированные слоем стеклотекстиля ССС; 7 — рубероид РК-420.

битумно-резиновые мастики при температуре 200—220°C рекомендуется рециркулировать через шестеренчатый насос (рис. III.40). При этом лучше девулканизируется резиновая крошка и растворяется в битуме.

Рис. III.40. Схема установки по рециркуляции при изготовлении битумно-резиновой мастики

1 — битумоварочный котел; 2 — шестеренчатый насос; 3 — подача битума; 4 — подача резиновой крошки; 5 — трубопровод рециркуляции мастики; 6 — выпуск готовой мастики



Битумно-латексные эмульсии готовят по технологии (разработанной ЦНИИПодземшахтостроем [64]), которая основана на совмещении быстрораспадающейся битумной эмульсии с эмульсией бутадиендивинилстирольных или хлоропреновых латексов. На изолируемые поверхности битумно-латексную эмульсию наносят совместно с коагулятором — водным раствором хлористого кальция.

Марки мастик или эмульсий для устройства мастичных кровель приведены в табл. III.8.

Толщина каждого мастичного слоя в кровлях должна составлять 2 мм.

Чтобы предохранить мастичный ковер от непосредственного воздействия атмосферных факторов и механических повреждений, на кровлях с уклоном до 10% применяют защитный слой из мелкого гравия, втопленного в горячую кровельную мастику. На кровлях с уклоном $i \geq 10\%$ мастичный ковер покрывают алюминиевой краской АЛ-177 (по ГОСТ 5631—51). Такая покраска должна периодически (через 3—5 лет) возобновляться.

Краска АЛ-177 может быть составлена из битумного лака № 177 и алюминиевой пудры ПАК-3 или ПАК-4 в соотношении (85—90) : (15—10) по весу. Краска АЛ-177 и приготовленные составы могут разжижаться до рабочей консистенции лаком № 177 или керосином.

Марки мастик и эмульсий для устройства мастичных кровель

Район строительства	Материал	Для кровель с уклонами в %			Для устройства мест примыканий к выступающим конструкциям
		$0 < i < 2,5$	$2,5 < i < 10$	$10 < i < 25$	
Севернее географической широты 50° в европейской и 53° в азиатской части СССР	Мастика битумная	МБК-Г-55	МБК-Г-65	МБК-Г-75	МБК-Г-85
	Мастика битумно-резиновая	МБР-Г-55	МБР-Г-65	МБР-Г-75	МБР-Г-85
	Битумно-латексная эмульсия	—	—	ЭБЛ-Х-75	ЭБЛ-Х-85
Южнее этих районов	Мастика битумная	МБК-Г-65	МБК-Г-75	МБК-Г-85	МБК-Г-100
	Мастика битумно-резиновая	МБР-Г-65	МБР-Г-75	МБР-Г-85	МБР-Г-100
	Битумно-латексная эмульсия	—	—	ЭБЛ-Х-85	ЭБЛ-Х-100

Примечания. 1. Цифры в обозначении марки мастик и эмульсий соответствуют температуре (в $^\circ\text{C}$) ее теплостойкости.

2. Мастики с теплостойкостью 55°C можно применять при температуре наружного воздуха во время работы ниже 10°C ; при более высокой температуре для кровель с уклонами $3 \leq i < 2,5\%$ следует применять мастики с теплостойкостью 65°C в районах строительства севернее широты 50° в европейской и 53° в азиатской части СССР и с теплостойкостью 75° — южнее этих районов.

Для устройства гравийного защитного слоя также применяют гравий или каменную крошку светлых тонов с фракцией 3—10 мм из атмосферостойких каменных пород. Толщина гравийного слоя должна составлять в среднем 10 мм. Слой мастики, в которую втапливают горячий гравий, должен быть не менее 2 мм.

Работы по устройству мастичного водоизоляционного ковра отличаются простотой и сводятся в основном к последовательному выполнению операций по нанесению мастик на основание под кровлю либо на последовательно расстилаемые полотнища стекломатериалов. Полотнища стеклохолста следует укладывать перекрестным способом (рис. III.41).

Для кровель с применением горячих мастик применяется та же огрунтовка основания, что и для устройства рулонных кровель и предъявляются те же требования к ровности и устройству температурных швов. Цементно-песчаные поверхности под кровли с битумно-латексной

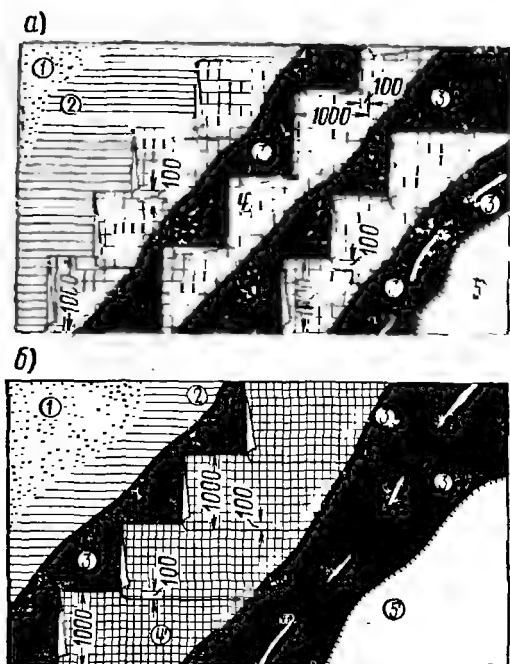


Рис. III.41. Раскладка полотнищ стекломатериалов при устройстве кровель

а — при применении стеклохолста; б — то же, стеклосетки; 1 — основание под кровлю; 2 — грунтовка; 3 — слой мастики; 4 — армирующие прокладки из стеклохолста; 4' — то же, из стеклосетки; 5 — защитный слой; 5' — покрасочный слой

эмульсией, огрунтовывают также битумно-латексной эмульсией без коагулятора; допускается устройство мастичной кровли по влажному, не покрытому водой основанию.

Горячие битумные мастики наносят на стеклохолст разливая через «удочку», к которой мастика подается насосом по гибкому шлангу или через лейку, а также

разливая и разравнивая шпателями или щетками. Для разравнивания мастики, разливаемой из переносимых или перевозимых емкостей, лучше применять шпатели с частыми зубцами. Мастика, остающаяся между зубцами, пропитывает стеклохолст и заполняет объем между стекловолоконками.

При устройстве мастичных кровель с применением горячих мастик необходимо следить за их температурой, не допуская применения битумных мастик с температурой ниже 180°C и битумно-резиновых ниже 190°C . Остывшую мастику надо подогревать.

В случаях когда применяется остывшая мастика стеклохолст плохо пропитывается, что значительно снижает прочность и монолитность мастики с нижележащими слоями кровли или с поверхностью основания под кровлю.

После нанесения мастичного слоя поверхность стеклохолста должна быть полностью покрыта мастикой и иметь глянцевый вид. Тусклый вид свидетельствует о недостаточной степени наполнения мастикой стеклохолста, и такую поверхность следует повторно окрасить.

В зимний период мастика, наносимая на стеклохолст, должна иметь более высокую температуру (битумная не ниже 190°C и битумно-резиновая не ниже 200°C).

Емкости, в которых мастику доставляют к местам потребления, должны быть утеплены, чтобы уменьшить потери тепла мастикой, кроме того, емкости должны иметь крышки.

Кровли с битумно-латексной эмульсией можно устраивать при наружной температуре выше 5°C . Для этой цели применяется перевозимый агрегат ГУ-2 ЦНИИ-Подземшахтостроя [64] или металлические баллоны для битумно-латексной эмульсии и раствора коагулятора; их можно держать у здания или на покрытии. Битумно-латексная эмульсия и раствор коагулятора наносят трехканальным пистолетом-распылителем конструкции ЦНИИПодземшахтостроя. По одному из каналов подается битумно-латексная эмульсия, по второму — раствор коагулятора и по третьему — воздух. В перерывах между работой шланг подачи хлористого кальция продувают сжатым воздухом, а шланг подачи битумно-латексной эмульсии заполняют соляровым или машинным

маслом от маслобака, соединенного с компрессором, а затем продувают сжатым воздухом.

Устройство мастичных кровель, армированных стекломатериалами в пределах рабочих захваток начинают с пониженных мест: карнизных свесов и участков расположения водосточных воронок в ендовах.

Мастичный ковер в кровлях типов К-1, К-3 и К-4 устраивают в следующей последовательности: по поверхности основания, подготовленного для устройства кровли, расстилают стеклохолст; по этому полотнищу или ряду полотнищ, уложенных с нахлесткой в 75—100 мм, наносят сплошной слой горячей мастики; при этом должно происходить полное пропитывание стеклохолста и склеивание нанесенного мастичного слоя с основанием под кровлю; следующий слой мастичного водоизоляционного ковра, армированного стеклохолстом, получают нанесением горячей мастики на полотнище стеклохолста (уложенного поперек первого).

В кровлях без гравийного защитного слоя (типа К-4) на слой мастики, которой покрывался стеклохолст, наносят слой горячей битумной или битумно-резиновой мастики и окрашивают краской АЛ-177, а в кровле типа К-3 наклеивают рубероид марки РК-420.

Кровли типов К-2 и К-5 устраивают в следующей последовательности: поверхности основания покрывают горячей мастикой (типа К-2) или битумно-латексной эмульсией (типа К-5).

После остывания мастики (тип кровли К-2) расстилают стеклохолст, и последующие работы по устройству мастичного ковра выполняют так же, как и в кровлях типов К-1, К-3, К-4.

При устройстве кровли типа К-5 после высыхания битумно-латексной эмульсии (в летнее время примерно через 2 ч) расстилают стеклосетку и покрывают ее эмульсией. Полотнища стеклосетки укладывают с нахлесткой в 75—100 мм по направлению ската кровель. Третий слой битумно-латексной эмульсии наносят по высохшему нижележащему слою. Солнцезащитную окраску кровель краской АЛ-177 производят после полного высыхания битумно-латексной эмульсии.

По коньковой части, в ендовах и в местах устройства деформационных швов с металлической выкружкой для усиления основного мастичного водоизоляционного ковра выполняют дополнительный мастичный ковер. В конь-

ковой части кровель он состоит из одного слоя мастики или эмульсии, армированных стеклохолстом или стеклосеткой с шириной полотнищ этих материалов не менее 500 мм. В ендовах и в деформационных швах дополнительный мастичный ковер состоит из двух слоев мастики или эмульсии, армированных соответственно стеклохолстом или стеклосеткой. Ширина армирующих прокладок из стекломатериалов должна составлять от 1,5 до 2 м.

В местах примыканий кровель к вертикальным поверхностям слой основного мастичного ковра доводят до верха переходных наклонных бортиков. На стекломатериалы, заходящие на наклонные бортики, мастику или эмульсию наносят снизу вверх. Чтобы усилить основной мастичный водоизоляционный ковер, в этих местах делают дополнительный мастичный ковер из двух слоев мастики или эмульсии, армированных двумя прокладками из стеклохолста или стеклосетки.

Для устройства дополнительного мастичного ковра в местах примыканий кровель к вертикальным поверхностям применяют полотнища стекломатериалов длиной 2—2,5 м, которые покрывают мастикой или эмульсией, имеющей более высокую теплостойкость (чем для устройства основного мастичного ковра). Наклестка полотнищ по длине должна составлять не менее 100 мм.

Для надежного усиления основного мастичного ковра, нижняя часть полотнища стеклохолста или стеклосетки, которую укладывают на основной мастичный ковер, должна иметь нахлестку на ковер не менее чем на 150 мм от низа наклонного переходного бортика. Верхнее полотнище стекломатериала (как и верхний слой рулонного материала в рулонных кровлях) должно перекрывать нижнее и заходить на основной ковер не менее чем на 100 мм (рис. III.42).

Верхний мастичный слой в дополнительном мастичном ковре выполняют после остывания мастики или высыхания эмульсии в нижнем слое.

Для лучшего склеивания с основанием полотнища стекломатериалов прижимают к наклонному переходному бортику и покрывают мастикой или эмульсией по всей ширине снизу вверх.

Против сползания и затекания воды на ковер слой дополнительного мастичного ковра в верхней части закрепляют и защищают фартуками по аналогии с кровлями из рулонных материалов.

В местах примыканий кровель к шахтам, трубам, карнизам, водосточным воронкам и др. основной мастичный водоизоляционный ковер усиливают двумя мастичными слоями, армированными стекломатериалами. Минимальная ширина нахлестки этих армирующих прокладок с основным мастичным ковром составляет 100 мм.

Следует отметить, что примыкания к выступающим конструкциям в мастичных кровлях выполняются не-

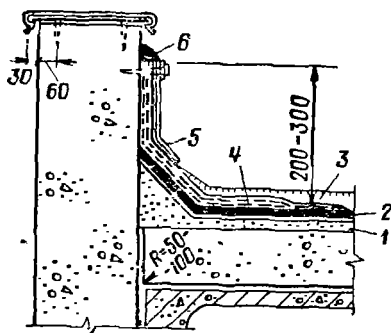


Рис. III.42. Пример устройства мастичной кровли у примыкания к парапету

1 — основание под кровлю; 2 — слой основного мастичного водоизоляционного ковра, армированного стекломатериалами; 3 — защитный слой; 4 — дополнительные слои мастичного ковра, армированные стекломатериалами; 5 — защитный фартук; 6 — герметизирующая мастика

сколько легче, чем в кровлях из рулонных материалов, так как армирующие полотна дополнительных слоев мастичного ковра покрывают мастикой сверху, а не приклеивают.

При устройстве гравийного защитного слоя на поверхность мастичного водоизоляционного ковра наносят горячую мастику и покрывают ее чистым сухим гравием; должно происходить втапливание гравия в мастику. Избыток гравия считают для последующего использования. При устройстве гравийного защитного слоя наклонные переходные бортики в местах примыканий кровель к выступающим конструктивным элементам также надо окрашивать мастикой и покрывать гравием.

Устройство мастичных кровель, армированных стекломатериалами, менее трудоемко, чем устройство кровель из рулонных материалов, и в ряде случаев строители устраивают слои мастичного водоизоляционного ковра вместо наклейки подкладочного рубероида в кровлях, имеющих верхний слой из кровельного рубероида с крупнозернистой посыпкой (кровля типа К-3).

Следует отметить, что работы по устройству мастичных кровель легче поддаются механизации, так как наносить мастику, а это наиболее трудоемкая операция, можно из перевозимых поливочных приспособлений.

1. Лубнин А. И. и др. Проектирование зданий и сооружений металлургических заводов, Госстройиздат, 1963.
2. Шаламов Н. П. Основные положения по выбору материалов конструкций зданий предприятий черной металлургии. В сб.: «Защита строительных конструкций предприятий черной металлургии». Госстройиздат, 1962.
3. Костюковский М. Г. Вопросы унификации сборных железобетонных конструкций одноэтажных промышленных зданий. В сб.: «Важнейшие проблемы промышленного строительства», № 1. Стройиздат, 1965.
4. Давыдов С. С. Железобетонные оболочки-покрытия. «Архитектура СССР», 1958, № 9.
5. Цейтлин А. А. Сборные железобетонные пространственные покрытия. Киев, Госстройиздат УССР, 1964.
6. Соботка З. Висячие покрытия. Стройиздат, 1964.
7. Людковский М. Г. Современное состояние и перспективы применения висячих покрытий. В сб. «Висячие покрытия». Под ред. И. М. Рабиновича. Госстройиздат, 1962.
8. Отто Фрей. Висячие покрытия, их формы и конструкции. Госстройиздат, 1960.
9. Строительный каталог. Часть. 3. Унифицированные сборные железобетонные конструкции одноэтажных зданий промышленных предприятий. М., 1965. ЦНИИПромзданий.
10. Шишкин Р. Г. Сборные железобетонные конструкции одноэтажных промышленных зданий. Стройиздат, 1965.
11. Манькин А. М. Коробчатые настилы для покрытий одноэтажных зданий. «Промышленное строительство», 1967, № 7.
12. СНиП II-A.7-62*. «Строительная теплотехника. Нормы проектирования». Госстройиздат, 1965.

13. СНиП II-A.6-62. «Строительная климатология и геофизика. Основные положения проектирования». Госстройиздат, 1962.

14. Шкловер А. М., Васильев Б. Ф., Ушков Ф. В. Основы строительной теплотехники жилых и общественных зданий. Госстройиздат, 1956.

15. Шевельков В. Л. Теплофизические характеристики изоляционных материалов М.—Л., Госэнергоиздат, 1958.

16. Вишневский Е. Е. Импульсный метод определения термических характеристик влажных материалов. Труды НИКФИ, вып. 2 (25) М., 1958.

17. Поваляев М. И. Определение коэффициентов переноса тепла методом плоского теплового импульса. Труды МИИТ, вып. 122, Трансжелдориздат, 1959.

18. Information über Siporex. Siporex Gamburg, 1958.

19. Роджерс Т. С. Проектирование теплозащиты зданий. Перевод с английского. Стройиздат, 1966.

20. Лупаков И. А., Богуславский Л. Д. Методика определения оптимального сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций промышленных зданий. «Промышленное строительство», 1966, № 11.

21. Лыков А. В. Массо- и теплоперенос в строительных материалах. Инженерно-физический журнал, т. 8, № 2, 1965.

22. Ильинский В. М. Проектирование ограждающих конструкций зданий (с учетом физико-климатических воздействий). Стройиздат, 1964.

23. Поваляев М. И. Зависимость теплофизических свойств ячеистых бетонов от способов образования их структуры. «Строительные материалы», 1961, № 1.

24. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Стройиздат, 1953.

25. Каталог фирмы «Carrey», 1963.

26. Плоские кровли в Канаде Доклад комиссии № 13 СИБ. Лондон, 1962.

27. Holmgren I, Isaksen T. Ventilated and unventilated flat, compact roofs. Oslo, 1959.

28. Тепло- и пароизоляция стен и крыш. «Промышленное строительство», 1965, № 2. (Пер. с нем.).

29. Цветаев В. Ц., Фокин К. Ф., Одинокоев С. Д. Исследование температурно-влажностного режима деревянных пустотных покрытий промзданий. Главстройпром, М.—Л., 1936.
30. Одельский Я. Э. Защитные свойства вентилируемых совмещенных крыш. Минск, 1960.
31. Поваляев М. И., Баранов Е. И. Влажностный режим вентилируемых и частично вентилируемых покрытий. Труды ЦНИИ-Промзданий, вып. 5. Стройиздат, 1968.
32. Васильев Б. Ф. Методика натурных наблюдений температурно-влажностного режима жилых зданий. В сб.: «Исследования по строительной физике». Под ред. Б. Ф. Васильева. Госстройиздат, 1959.
33. Никифоров И. А., Брайнина Е. Ю. Конструкции железобетонных крыш зданий в южных районах. «Жилищное строительство», 1960, № 10.
34. Кузина Л. А. Коэффициент отражения и температурный режим некоторых кровельных материалов. «Промышленное строительство», 1963, № 3.
35. Мадатова О. А. Экспериментальные исследования эффективности водонаполненного покрытия. Сб. трудов Промстройинипроекта. Ростов н/Д, 1965.
36. СНиП II-В.6-62*. «Ограждающие конструкции. Нормы проектирования». Стройиздат, 1965.
37. Инструкция по проектированию кровель из рулонных материалов зданий промышленных предприятий. СН 246—63. Госстройиздат, 1963.
38. Курбатов В., Мицнефес М. Установка для приготовления и транспортирования пенобетонной массы. «Строитель», 1958, № 4.
39. Таков амурский газобетон «Строительная газета», 1965, № 83, (4639).
40. Мак-Коли Д. Устройство и ремонт кровель из рулонных материалов. Сокращенный пер., с англ. Госстройиздат, 1963.
41. Яблоневич Г. С. Новые методы кровельных работ в зимнее время «Строительство предприятий нефтяной промышленности», 1956, № 8.

42. СНиП III-B.12-62. «Кровли. Правила производства и приемки работ». Госстройиздат, 1962.
43. П о в а л я е в М. И., В о р о н и н А. М. К вопросу устройства температурных швов в основании под кровлю. «Промышленное строительство», 1967, № 12.
44. Горелышев Н. В., Пантелеев Ф. Н. О пластичности дорожного асфальтобетона. Труды МАДИ, вып. 15. Дориздат, 1953.
45. Инструкция по устройству рулонных кровельных покрытий. «Промышленное строительство», № 1, (Пер. с нем.).
46. СНиП I-B.25-62. «Кровельные, гидроизоляционные и пароизоляционные материалы на органических вяжущих». Госстройиздат, 1963.
47. Г о л у б о в и ч А. А., Е р у с а л и м ч и к А. М., Ж а р е н о в А. С. Технология битуминозных кровельных и гидроизоляционных материалов. Госстройиздат, 1961.
48. Провинтеев И. В., Бурлаченко П. Е., Ватажина В. И., Панкратов В. Ф. Гидроизоляционные, кровельные и герметизирующие материалы Госстройиздат, 1963.
49. Временные указания по проектированию мастичных кровель, армированных стекломатериалами. СН 312—65. Стройиздат, 1965.
50. П о в а л я е в М. И., В о р о н и н А. М., Инструкция по устройству мастичных кровель, армированных стекломатериалами. Стройиздат, 1966.
51. Указания по приготовлению кровельных мастик для устройства кровель из рулонных материалов. Стройиздат, 1964.
52. П о в а л я е в М. И., М е л и к я н А. А. Дегтевые мастики для плоских кровель. «Строительное проектирование промышленных предприятий». Техн. информ. Ст. 1. М., 1962.
53. P a u l i O. Wurzelabweisende wirkstoffe für Bitumen. «Bitumen» № 11, 1958.
54. H e n n W. Das Flache Dach. Verlag Georg D. W. Callwey. München, 1960.
55. M o r i t z K. Flachdachhandbuch. Bauverlag, Wiesbaden—Berlin, 1964.
56. Передовые методы труда при устройстве рулонных кровель, Сб. материалов. Минск, 1965.

57. Межреспубликанские технические условия на битумоперлит в изделиях. МРТУ 21-12-65. Стройиздат, 1965.

58. Межреспубликанские технические условия на битумоперлит в монолите. МРТУ 21-13-65. Стройиздат, 1965.

59. Ельчин Б. М., Розен О. Б. Промышленность битуминозных кровельных и гидроизоляционных материалов. Состояние и перспективы развития. Госстройиздат, 1963.

60. Cahier des charges applicable aux travaux de detancheite des toitures—terrasses et des toitures inclinees. Paris. 1960.

61. Инструкция по устройству асфальтовых кровельных покрытий. «Промышленное строительство», 1965, № 10. (Пер. с нем.).

62. Никифоров И. А., Носков С. К., Самохина Т. М. Опыт применения армированной кровли. «Промышленное строительство», 1965, № 9.

63. Битуминозные мастичные кровельные покрытия. «Промышленное строительство», 1965, № 8. (Пер. с нем.).

64. Временная инструкция по приготовлению и нанесению битумно-латексных эмульсий. ЦНИИПодземшахтострой, 1964.

**ПОВАЛЯЕВ МИХАИЛ ИВАНОВИЧ
ПОКРЫТИЯ И КРОВЛИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ**

* * *

*Стройиздат
Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 9*

* * *

Редактор А. В. Болотина
Обложка художника Л. И. Шаварда
Технический редактор З. С. Мочалина
Корректоры Л. П. Атавина, О. В. Стигнеева

Сдано в набор 19/IV—1968 г. Подписано к печати 8/XII—1968 г.
Т-14092 Бумага 84×108¹/₃₂—2,75 бум. л. 9,24 усл. печ. л.
(уч.-изд. 9,3 л.).

Тираж 9.000 экз. Изд. № VI-752. Зак. № 291. Цена 50 коп.

Подольская типография Главголиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
г. Подольск, ул. Кирова, д. 25